

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
“КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені Ігоря Сікорського”

В. І. Солодкий, О. А. Плівак

**ОСНОВИ ПРОЕКТУВАННЯ
РІЗАЛЬНОГО ІНСТРУМЕНТА**

Частина II

*Рекомендовано Методичною радою
КПІ ім. Ігоря Сікорського
як навчальний посібник для здобувачів ступеня бакалавра
за спеціальністю 131 – Прикладна механіка*

КПІ ім. Ігоря Сікорського
Київ – 2021

Рецензенти: Антонюк В. С. – д-р техн. наук, Національний технічний університет України “КПІ ім. Ігоря Сікорського”.

Петраков Ю. В. – д-р техн. наук, Національний технічний університет України “КПІ ім. Ігоря Сікорського”.

Відповідальний редактор Охріменко О. А. – д-р техн. наук, Національний технічний університет України “КПІ ім. Ігоря Сікорського”.

*Гриф надано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського
(протокол № 6 від 25.02.2021 р)*

Електронне мережне навчальне видання

*Солодкий Валерій Іванович, канд. техн. наук, доц.
Плівак Олександр Анатолійович, інж.*

ОСНОВИ ПРОЕКТУВАННЯ РІЗАЛЬНОГО ІНСТРУМЕНТА Частина II

Основи проектування різального інструмента. Частина II. [Електронний ресурс] : навчальний посібник для студентів спеціальності 131 – Прикладна механіка / В. І. Солодкий, О. А. Плівак. – Електронні текстові дані. — Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 178 с.

У посібнику розглянуті питання конструювання та вибору геометричних параметрів різального інструмента. Описані конструктивні особливості кожного інструмента та галузь його застосування. Наведено методики проектування найпоширеніших різальних інструментів. Подані приклади конструювання інструмента та розрахунків спеціальних конструкцій.

Для студентів машинобудівних спеціальностей вищих навчальних закладів та фахівців спеціальності 131 – Прикладна механіка.

© В. І. Солодкий, О. А. Плівак
© КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021

ДО МАЙБУТНЬОГО БАКАЛАВРА

Існує багато конструкцій різального інструмента. Кожна з них детально описана у підручниках та довідниках. Але не маючи базових знань з проектування інструмента – важко визначити його конструкцію і призначення. У посібнику подані елементарні (але достатні) методики проектування основних типів різального інструмента.

Пропонована праця не містить складних формул та довгих розрахунків. Її задача – допомогти вивчити основи проектування різального інструмента.

Зміст

Вступ	10
1 КЛАСИФІКАЦІЯ ТА ВИМОГИ	12
1.1 Класифікація інструмента	12
1.2 Вимоги до інструмента	14
2 ПРИНЦИПИ КОНСТРУЮВАННЯ ІНСТРУМЕНТА	18
2.1 Мета і задачі конструювання	20
2.2 Робочі і приєднувальні частини інструмента	22
2.3 Кріплення інструментів на верстатах	24
2.4 Простота і технологічність конструкцій	27
2.5 Робочий кресленик інструмента	28
3 ІНСТРУМЕНТАЛЬНІ МАТЕРІАЛИ	30
3.1 Вимоги до інструментальних матеріалів	31
3.2 Вплив легувальних елементів	37
3.3 Інструментальні матеріали	39
3.3.1 Вуглецеві інструментальні сталі	40
3.3.2 Леговані інструментальні сталі	41
3.3.3 Швидкорізальні сталі	41
3.3.4 Тверді сплави	45
3.3.5 Мінералокераміка	47
3.3.6 Алмази	47
3.3.7 Синтетичні матеріали	48
3.4 Перспективи інструментальних матеріалів	49
Список літератури	51
4 ТОКАРНІ РІЗЦІ	52
4.1 Звичайні різці	52
4.1.1 Застосування різців	57
4.1.2 Конструктивні елементи	58
4.1.3 Геометричні параметри	66
4.2 Фасонні різці	75
4.2.1 Геометрія фасонних різців	76
4.2.2 Конструктивні елементи фасонних різців	78
4.2.3 Профілювання фасонних різців	84
4.3 Стандарти на різці	90

Список літератури	93
5 ПРОТЯЖКИ	94
5.1 Принцип роботи	94
5.1.1 Конструктивні елементи	95
5.1.2 Схеми різання	98
5.1.3 Стружкова канавка	101
5.1.4 Зуби протяжки	102
5.2 Проектування протяжки	103
Список літератури	116
6 ФРЕЗИ	117
6.1 Призначення і класифікація	117
6.2 Конструктивні елементи	121
6.3 Геометричні параметри	122
6.4 Фасонні гострозаточені фрези	124
6.4.1 Заточування	124
6.4.2 Профілювання	125
6.5 Затиловані фасонні фрези	127
6.5.1 Затилювання	127
6.5.2 Подвійне затилювання	130
6.5.3 Конструювання фасонних затилованих фрез	131
6.6 Стандарти на фрези	135
Список літератури	143
7 ОБРОБЛЕННЯ ОТВОРІВ	144
7.1 Свердла	144
7.1.1 Проектний розрахунок	146
7.1.2 Інструмент другого порядку	148
7.1.3 Допуски на виготовлення	151
7.2 Зенкери	152
7.3 Розвертки	154
7.3.1 Проектування розверток	156
7.4 Стандарти на інструмент	162
7.4.1 Стандарти на свердла	162
7.4.2 Стандарти на зенкери	164
7.4.3 Стандарти на розвертки	165
Список літератури	169
8 ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ТЕОРІЇ ПРОЕКТУВАННЯ	171

ДОДАТКИ	176
А Стандарти допоміжного інструмента	177
А.1 Конуси інструментальні	177
А.2 Хвостовики інструментальні	177

Перелік ілюстрацій

1.1	Типи металорізальних інструментів	13
2.1	Частини свердла	22
2.2	Передача зусиль шпонкою	24
2.3	Передача зусиль тертям через конічну поверхню	24
3.1	Застосування інструментальних матеріалів	49
3.2	Об'єм видаленого матеріалу	50
4.1	Типи різців:	52
4.2	Ліві та праві різці	53
4.3	Різець T-MAX P	55
4.4	Різець T-MAX U-LOCK	55
4.5	Різець T-MAX S	56
4.6	Різець T-MAX	56
4.7	Поперечний переріз оправок	59
4.8	Кресленик різця	63
4.9	Координатні площини при точінні	67
4.10	Координатні площини прохідного різця	68
4.11	Координатні площини відрізного різця	69
4.12	Координатні площини фасонного різця	69
4.13	Різець у статичній системі координат	70
4.14	Вимірювання кута нахилу різальної кромки	72
4.15	Геометричні параметри різця	72
4.16	Форма передньої поверхні різців	74
4.17	Фасонні різці	75
4.18	Кути круглого фасонного різця	77
4.19	Кути призматичного фасонного різця	77
4.20	Кріплення призматичного різця:	80
4.21	Кріплення круглого різця:	83
4.22	Спрощене кріплення круглого різця:	84
4.23	Профілювання круглого фасонного різця	86
4.24	Профілювання призматичного фасонного різця	88
5.1	Протяжка	94
5.2	Принцип роботи протяжки	95
5.3	Елементи протяжки	96
5.4	Схеми різання	98
5.5	Розділення стружки канавками	99
5.6	Риски	99
5.7	Групово протяжка	99
5.8	Група із трьох зубців	100

5.9	Групова кругла протяжка	100
5.10	Форма канавки зуба	101
5.11	Різальні зуби	102
5.12	Калібрувальні зуби	102
5.13	Переточування зубців	103
5.14	Різальний зуб	104
5.15	Типи хвостовиків	107
5.16	Ескіз круглої протяжки	111
5.17	Кресленик протяжки	115
6.1	Типи фрез	118
6.2	Фреза кінцева	119
6.3	Фреза шпонкова	119
6.4	Фреза пазова	119
6.5	Фреза кутова	120
6.6	Фреза прорізна	120
6.7	Фреза торцева	120
6.8	Фреза гострозаточена	124
6.9	Заточування фрез	124
6.10	Профілювання гострозаточеної фрези	125
6.11	Затилювання різцем	127
6.12	Крива затилювання	128
6.13	Подвійне затилювання	131
6.14	Фрези з простими зубом:	132
6.15	Фрези з посиленням зубом	133
7.1	Стандартне спіральне свердло	145
7.3	Профіль фрези	148
7.2	Кресленик свердла	149
7.4	Стандартний зенкер	153
7.5	Типи зенкерів	153
7.6	Кресленик зенкера	155
7.7	Розвертка машинна	156
7.8	Розвертка ручна	156
7.9	Допуски розвертки	157
7.10	Кресленик розвертки	161

Перелік прикладів

2.1	Розрахунок шпонки	25
4.1	Сила різання P_z	58
4.2	Різець з круглою оправкою	60
4.3	Різець з квадратною оправкою	61
4.4	Різець з прямокутною оправкою	61
4.5	Перевірка різця на міцність	62
4.6	Вигін різця	65
4.7	Задній кут α_N	78
4.8	Висота профілю круглого різця	85
4.9	Радіус круглого різця	86
4.10	Висота профілю призматичного фасонного різця	88
4.11	Профіль призматичного фасонного різця	89
5.1	Протяжка круга	110
6.1	Кількість зубів фрези	122
6.2	Задній кут	123
6.3	Передній кут	123
6.4	Аналітичне профілювання фрези	126
6.5	Задній кут фрези	128
6.6	Величина затилування	129
6.7	Задній кут у довільній точці	130
7.1	Проектування свердла	147
7.2	Фреза для стружкових канавок свердла	150
7.3	Розрахунок розвертки	159

Вступ

У даному посібнику розглядаються основні металорізальні інструменти, питання їх розрахунку і конструювання.

Зі всього різноманіття інструментів мова піде тільки про металорізальні інструменти для обробки металів на металорізальних верстатах. Ці інструменти є частиною верстата, що безпосередньо забезпечують отримання деталі потрібної форми і розмірів.

Історія виникнення і розвитку металорізальних інструментів невід'ємна від історії виникнення і розвитку машинобудування і металообробки.

Особливо інтенсивний розвиток методики розрахунку і конструювання металорізальних інструментів отримали в XX столітті. З одного боку це пов'язано з бурхливим розвитком машинобудівного виробництва і зі все зростаючими його потребами в точному і продуктивному інструменті, з іншої - з розвитком науки про процес різання металів.

Сучасне інструментальне виробництво розвивається за двома основними напрямками:

- виробництво стандартного інструмента на спеціалізованих підприємствах;
- виробництво спеціального інструмента в інструментальних цехах металообробних заводів.

Про те, наскільки складним є забезпечення інструментом сучасного виробництва, свідчить той факт, що для виготовлення автомобіля потрібно близько 40 тисяч найменувань інструментів. Інструментальне виробництво розвиненої країни є одна з найбільш сучасних галузей і характеризується наступними особливостями:

- застосування прогресивних технологічних процесів;
- застосування передових методів організації праці;
- комплексна механізація і автоматизація виробництва;
- вдосконалення методів контролю.

Інструмент – достатньо складний науково-технічний об’єкт тому успішний розвиток інструментального виробництва неможливий без серйозного наукового забезпечення. Інструментальне виробництво включає в сферу своїх інтересів такі дисципліни як технологія машинобудування, металорізальні верстати, теорія різання, математика, фізика, термодинаміка, металознавство, теорію машин і механізмів, ЕОМ і цілий ряд інших наукових дисциплін.

Основні напрями подальшого розвитку інструментального виробництва наступні:

- вдосконалення виробництва на існуючих інструментальних підприємствах;
- поліпшення якості інструмента, що виготовляється;
- створення нових, ефективніших конструкцій інструментів;
- створення нових досконалих інструментальних матеріалів;
- поліпшення експлуатації інструмента, раціональне його використання.

Важливою особливістю інструмента є і те, що його різальна частина виготовлена із спеціальних інструментальних матеріалів, що мають специфічні фізико-механічні властивості.

1 КЛАСИФІКАЦІЯ ТА ВИМОГИ

1.1 Класифікація інструмента

Класифікація металорізальних інструментів складна. Це пояснюється великою різноманітністю їх конструкцій, видів обробки, а також використанням інструментів одного типу (одної конструкції) для оброблення різних поверхонь.

Так різці застосовують для точіння зовнішніх поверхонь на токарних верстатах, для нарізування різьб, для обробки отворів, для стругання зубів зубчатих коліс.

З іншого боку, отвори можливо обробляти інструментами різного типу, такими як свердло, зенкер, розвертка або протяжка.

Все це дуже ускладнює класифікацію, тому з практичної точки зору, для достатньо чіткого уявлення про основні, найбільш поширені інструменти, доцільно застосувати два принципи:

- специфічні оброблювані поверхні, найбільш поширені в деталях машин, механізмів і приладів;
- конструкція найбільш часто вживаних інструментів.

Не дивлячись на певну умовність такої класифікації, вона дозволяє в достатньо повному об'ємі представити металорізальний інструмент у всьому його різноманітті.

Основними групами інструментів у такій класифікації є:

- інструменти для оброблення отворів;
- інструменти для утворення різьб;
- інструменти для нарізування зубчатих зачеплень;
- інструменти для обробки неевольвентних профілів методом обкатки.

Всі інструменти, що не увійшли до цих чотирьох групи, можливо об'єднати в групу інструментів загального призначення.

Окремі групи утворюють такі специфічні інструменти як:

- абразивні інструменти;
- інструменти, які застосовують в якості різального леза алмази.

У кожній з цих груп інструменти класифікуються за конструкційними особливостями (рис. 1.1). Вся різноманітність типів і конструкцій інструмента обумовлена різними вимогами до різального

Загального призначення	Оброблення отворів	Утворення різьби	Утворення зубців	Не евольвентні профілі	Абразиви	Над тверді матеріали
<ul style="list-style-type: none"> - різці; - фасонні різці - фрези; -протяжки. 	<ul style="list-style-type: none"> - свердла; - зенкери; - розвертки; - розточні різці. 	<ul style="list-style-type: none"> - різці; - гребінки; - мітчики; - плашки; - фрези; - фрезерні головки. 	<ul style="list-style-type: none"> - дискові модульні фрези; - пальцеві модульні фрези; - черв'ячні фрези; - довбачі; - строгальні різці. 	<ul style="list-style-type: none"> - черв'ячні фрези; - обкаточні різці; - довбачі. 	<ul style="list-style-type: none"> - круги; - бруски; - порошки. 	<ul style="list-style-type: none"> - різці; - круги; - порошки; - олівці.

Рис. 1.1. Типи металорізальних інструментів

інструмента, різними формами і розмірами оброблюваних деталей, різними типами металорізальних верстатів, особливостями виробництва.

Раціональне використання інструмента в конкретних виробничих умовах дозволяє підвищити його ефективність, збільшити продуктивність праці.

1.2 Вимоги до інструмента

Кожен інструмент в процесі різання повинен забезпечувати якісну і продуктивну обробку деталі. Тому до інструментів пред'являють наступні основні вимоги:

- забезпечення геометричної форми деталі;
- точність виконуваних розмірів;
- чистота оброблюваної поверхні;
- продуктивність;
- стійкість і розмірна стійкість;
- економія інструментальних матеріалів;
- технологічність конструкції;
- економічність.

Досить часто одночасне виконання всіх цих вимог є складним або неможливим завданням. Тоді у кожному конкретному випадку доводиться віддавати перевагу тим або іншим критеріям.

Геометрична форма

Геометрична форма деталі є найбільш об'єктивною і стабільною ознакою при її описі.

Геометрична форма характеризує деталь безпосередньо, незалежно від її функції та приладдя до інших виробів.

Геометрична форма деталі і її конструктивні особливості є тією загальною інформацією, яка необхідна для вирішення як конструкторських, так і технологічних завдань, що є передумовою для встановлення тісного зв'язку між конструкторським і технологічним класифікаторами.

Точність виконуваних розмірів

Під точністю деталі або машини розуміють ступінь її наближення до геометрично правильному її прототипу.

Точність є найважливішим показником якості продукції в машинобудуванні. Найчастіше доводиться мати справу з точністю геометричних параметрів.

Точність – поняття комплексне, тому питання точності повинні вирішуватися не ізольовано, а комплексно для всього технологічного процесу виготовлення машини, починаючи від отримання заготовок і закінчуючи складанням машини.

З розвитком автоматизації виробництва завдання досягнення стабільної якості машин стає все більш актуальною. Її рішення має базуватися на дослідженні технологічних факторів, що впливають на точність.

Чистота поверхні

Чистотою обробленої поверхні називають ступінь її гладкості, яка визначається величиною гребінців, западин і інших нерівностей, які утворюються після обробки.

Продуктивність

Позасистемна величина, що дорівнює відношенню обсягу виконаної роботи до часу, за яке вона була здійснена.

Під зростанням продуктивності інструмента мається на увазі економія витрат праці (робочого часу) на виготовлення одиниці продукції або додаткові обсяги виробленої продукції в одиницю часу.

Розмірна стійкість

Розмірна стійкість визначається тривалістю, протягом якої знос різального інструмента не викликає зміни розміру оброблюваної деталі більше заданого допуску.

Під розмірної стійкістю інструмента розуміють тривалість його роботи, обумовлена розмірним зносом інструмента по нормалі до оброблюваної поверхні, в результаті якого виникає зміна розміру оброблюваної деталі. Величина розмірного зносу інструмента, з урахуванням інших факторів, обмежується допуском на оброблюваний розмір.

Для збільшення розмірної стійкості інструмента до оптимального зносу верстати-автомати та автоматичні лінії обладнують спеціальними пристроями, що дозволяють автоматично контролювати деталі під час обробки і по заміряних розмірах автоматично підлашувати інструмент.

Технологічність конструкції

Сукупність властивостей конструкції виробу, що визначають її пристосованість до досягнення оптимальних витрат при виробництві, експлуатації та ремонті для заданих значень показників якості та умов виконання робіт.

Технологічність не є характеристикою, яка б однозначно виражалася в будь-яких одиницях вимірювання. При виробництві різних виробів технологічність багато в чому визначає собівартість, витрати на виготовлення і подальше використання.

Як правило, більш сучасні пристрої є більш технологічними в порівнянні з застарілими зразками, тобто, виробляються і експлуатуються з меншими витратами і з залученням більш продуктивних виробничих процесів. При цьому функціональність техніки різних поколінь може мало відрізнятися.

Технологічність виготовлення не впливає на функціональність.

Поява більш технологічних виробів зазвичай сприяє витісненню з ужитку застарілих в цьому відношенні пристроїв, при цьому з точки зору технічної досконалості вони можуть не поступатися більш новим – технологічність відображає виробничі (технологічні), а не технічні характеристики виробу.

Технологічність зменшує вартість виготовлення інструмента.

Якість інструментів регламентується державними стандартами, які включають технічні умови на приймання інструмента при його виготовленні. У технічних умовах указуються основні параметри інструмента, вимоги до зовнішнього вигляду, чистоти обробки, до

інструментального матеріалу, до термічної обробки, нарешті, до розмірів і допусків на них, а також до випробувань і умов зберігання.

Якість

За стандартом ISO 8402-86 “Якість – сукупність властивостей і характеристик продукції або послуги, які надають їм здатність задовольняти обумовлені або передбачувані потреби споживача”.

Різниця між якісним інструментом відомих марок і дешевим інструментом "по пате" проявляється в деталях. Якість вихідних матеріалів, технологія виготовлення інструмента і рівень консультування кінцевого споживача визначають в кінцевому підсумку, чи буде забезпечена високо якість обробки матеріалу навіть після тривалого використання інструмента.

Обсяги продажів виробників дешевого інструмента дозволяють зробити висновок, що ціна нерідко є головним критерієм при покупці інструмента. Такі важливі аспекти, як якість і безпека інструмента, часто грають лише другорядну роль.

Загальновідомо – скупий платить двічі.

З одного боку, витрати на інструмент становлять всього кілька відсотків від загального обсягу конкретної інвестиції у виробництво. З іншого боку, вплив інструмента на якість продукції, що випускається, і на ціну, є вирішальним. Якщо зіставити ці два факти, то стає очевидним, що покупка якісного інструмента набагато вигідніше.

Витрати на інструмент становлять всього кілька відсотків від загального обсягу інвестицій у виробництво

Важливими є вимоги, що пред’являють до інструмента в процесі експлуатації: дотримання правильних геометричних параметрів різальних елементів і гостроти різальних кромки, застосування оптимальних режимів різання, правильна установка і закріплення інструмента на верстаті, відповідна підготовка деталі до обробки, догляд за інструментом – своєчасне відновлення працездатності і правильне зберігання.

2 ПРИНЦИПИ КОНСТРУЮВАННЯ ІНСТРУМЕНТА

Під конструюванням різального інструмента розуміється:

- визначення всіх розмірів і форми різального інструмента шляхом розрахунків і графічних побудов;
- складання робочого креслення інструмента, за яким можна такий інструмент виготовити;
- і складання технічних умов.

Креслення і технічні умови називаються технічною документацією. Завдання конструктора зводиться до наступного.

1. На підставі вчення про різання матеріалів визначити:
 - а) сили, що діють на різальні леза інструмента;
 - б) знайти найдоцільніші кути заточування різального леза;
 - в) підібрати найбільш відповідний матеріал для виготовлення робочої частини інструмента;
 - г) підібрати таку форму робочої частини, яка забезпечувала б вільне відділення стружки в процесі різання.
2. На підставі даних технології металів знайти:
 - а) найбільш зручну для обробки форму робочої і сполучної частини інструмента;
 - б) визначити допуски на окремі найважливіші розміри робочої і сполучної частини залежно від умов роботи і необхідної точності обробки деталі.
3. На підставі даних вчення про опір матеріалів провести розрахунки робочої і сполучної частини інструмента на міцність і жорсткість.
4. Скласти робоче креслення інструмента і технічні умови, внісши до креслення всі необхідні дані про форму і розміри інструменту, а в технічні умови допуски, вимоги, що пред'являються до інструмента, дані для випробування інструменту і так далі.

На процес різання впливає велика кількість чинників. Практично конструктору доводиться стикатися з необхідністю складання декількох варіантів конструкцій і вибирати після випробування їх в роботі найбільш відповідний варіант.

Як правило, конструктор різального інструмента не застосовує всіх розрахунків, пов'язаних із зусиллями, швидкостями, теплоутворенням і іншими чинниками різання, через їх складність. Однак, кожному конструктору необхідно знати всі основні чинники, що впливають на форму і розміри інструмента. Знання цих чинників дозволяє зробити аналіз конструкції різального інструмента, визначити основні недоліки та переваги.

При конструюванні різального інструмента виникають два різні завдання:

Конструювання різального інструмента

Для певних умов роботи

У такому випадку ми маємо справу з абсолютно точно заданими умовами різання (оброблюваний матеріал, швидкість різання, подача, глибина різання, чистота обробки і т. д.).

Для невизначених умов роботи

Таке завдання може зустрітися при проектуванні інструмента для невизначеного споживача. Це завдання зводиться до конструювання інструмента для деяких середніх умов роботи (матеріал, режими різання і т. д.).

Можна вважати задовільною таку конструкцію інструмента, в якій вирішені наступні основні питання, визначальна працездатність і придатність інструмента для певних умов роботи.

1. Вибір типу інструмента, кінематичної схеми різання і схеми розподілу навантаження.
2. Вибір матеріалу робочої частини інструмента, відповідного умовам стійкості, що пред'являються.
3. Вибір кутів різальної частини (передній, задній, кут різання, кут в плані і т. д.).
4. Схема заточування і можливість відновлення різальної здатності інструмента шляхом переточувань після затуплення різальних кромок.

5. Розрахунки розмірів і форми різальних кромок, що забезпечують отримання необхідних розмірів і форми оброблюваної поверхні.
6. Достатній простір для розміщення або відведення стрижки, що утворюється при різанні.
7. Відведення тепла від різальних кромок, а в деяких випадках спеціальні пристрої для охолодження робочої частини під час роботи.
8. Достатня міцність і жорсткість як робочої, так і з'єднувальної частини інструмента.
9. Зручне, надійне і швидке кріплення з'єднувальної частини до верстата (або оправки).
10. Рациональне використання дорогого інструментального матеріалу (швидкорізальні сталі, тверді сплави).
11. Можливість багатократного використання шляхом регулювання розміру інструмента.

Всі ці питання доводиться вирішувати конструктору при конструюванні як робочої, так і з'єднувальної частини складного інструмента (наприклад, протяжки, фрези і т. д.). При проектуванні простих інструментів, наприклад, звичайного прохідного різця, внаслідок простоти їх конструкції частина питань відпадає, наприклад, не доводиться розраховувати профіль і так далі.

2.1 Мета і задачі конструювання

Мета конструювання інструмента полягає у виборі типу інструмента, визначенні всіх його розмірів шляхом розрахунків і графічних побудов, в складанні робочого креслення і технічних умов, за якими інструмент може бути виготовлений.

Мета́ (Від лат. *meta*)

Стан в майбутньому, котрий необхідно досягнути. Мета є кінцевою точкою процесу, дії. З досягненням мети пов'язаний успіх проекту, або важливої роботи. Наприклад: мета візиту, мета підприємства.

Задачі конструювання

Конкретні дії, етапи роботи, які необхідно здійснити для досягнення мети.

Мета та задачі

Мета	Задачі
Спроекувати різець	<ul style="list-style-type: none">– визначити зусилля різання;– розрахувати оправку на міцність;– призначити геометричні параметри;– тощо ...

Мета – це те, що необхідно досягти.

Задачі – це те, що необхідно зробити, щоб досягти мети.

Послідовність вирішення задач

Під час конструювання різального інструмента доцільно витримувати певну послідовність вирішення поставлених задач.

Етап 1

На початковому етапі конструювання необхідно:

- провести аналіз сил різання, що діють на різальні елементи інструмента;
- визначити оптимальну геометрію різального леза;
- підібрати відповідний інструментальний матеріал;
- вибрати форму робочої частини, що забезпечує вільне відділення стружки.

Етап 2

На етапі проектування необхідно:

- виконати необхідні розрахунки профілю зубів складного інструмента;
- визначити найбільш доцільні габаритні розміри робочої і приєднувальної частини інструмента;
- провести розрахунки кінематичних параметрів інструмента;
- розрахувати робочу і приєднувальну частину інструмента на міцність, жорсткість, надійність;

Етап 3

На етапі підготовки технічної та супроводжувальної документації необхідно:

- скласти робоче креслення інструмента;
- сформулювати технічні умови на його виготовлення;
- визначити допуски на всі розміри, що забезпечують точність роботи інструмента.

У більшості випадків робота конструктора спрощується, якщо інструмент конструюють для певних умов роботи з точно заданими умовами різання і даними про оброблювану деталь.

2.2 Робочі і приєднувальні частини інструмента

Кожен з інструментів, незалежно від вигляду і призначення, має загальні частини: робочу і приєднувальну (рис. 2.1).

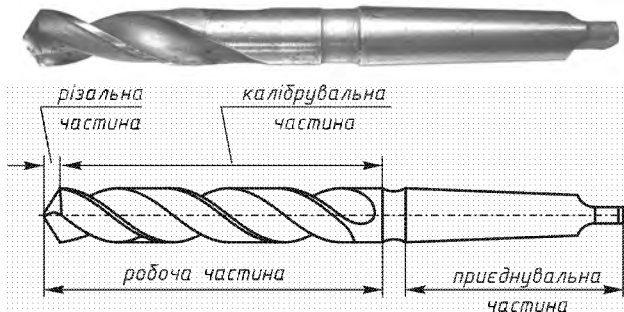


Рис. 2.1. Частина свердла

Робоча частина

Здійснює безпосереднє зняття стружки і забезпечена для цього однією або декількома різальними кромками.

У багатьох інструментів робочу частину можна розділити на дві складові, для прикладу свердло за рис. 2.1 має:

- різальну, таку, що виконує основну роботу по зняттю стружки;
- та калібрувальну, призначену для:
 - остаточного формування розмірів оброблюваної поверхні;
 - забезпечення заданої шорсткості.

Робоча частина інструмента є основною його частиною, тому визначення її форми і розмірів є основним завданням під час розрахунку і конструювання інструментів.

Приєднувальна частина

Призначена для передачі зусиль, що розвиваються верстатом, до робочої частини інструмента.

За допомогою приєднувальної частини інструмент приєднується, встановлюється і закріплюється до виконавських органів верстата (шпиндель, супорт, різцетримач і так далі).

Конструкції, як робочих частин, так і приєднувальних вельми різноманітні. Доцільно прагнути до скорочення цієї різноманітності. Для цього здійснюється стандартизація інструментів, особливо важлива для приєднувальних частин, оскільки від їх форм і розмірів залежать форми і розміри гнізд у виконавських органах верстатів.

Приєднувальні елементи інструмента мають бути стандартними.

Нижче у табл. ... наведені стандартні розміри найбільш поширених приєднувальних частин інструмента.

2.3 Кріплення інструментів на верстатах

Всі види з'єднання інструмента з верстатом можна розділити на дві групи:

- жорсткі з'єднання, що передають зусилля шпонками, штифтами або яким-небудь виступом (рис. 2.2 табл. 2.1 ... 2.3);
- фрикційні з'єднання, такі, що передають зусилля силами тертя в місцях стику між сполучними частинами інструмента і верстата (рис. 2.3 табл. 2.4).



Рис. 2.2. Передача зусиль шпонкою



Рис. 2.3. Передача зусиль тертям через конічну поверхню

Табл. 2.1. Кріплення інструмента на шпонці

d , мм	b , мм	h , мм	t , мм	t_1 , мм	t'_1 , мм	r , мм
10	3	3	8,2	11,2	11,5	0,3
13	3	3	11,2	14,2	14,6	0,4
16	4	4	13,2	17,2	17,7	0,5
32	6	6	17,6	23,6	24,1	0,8
27	6	6	22,6	28,6	29,4	0,8
32	8	7	2,7	34,0	34,8	1,0
40	10	8	34,5	42,5	43,5	1,0

Важливою умовою при конструюванні приєднувальної частини є легка і швидка установка інструмента на верстаті.

Розрахунок шпонкового з'єднання виконують на допустимі напруження змінання за формулою

$$\sigma_{зм} = \frac{2 \cdot 10^3 M_{кр}}{d h l_{шп}} \quad (2.1)$$

де d – діаметр посадкового отвору (вала);

$M_{кр}$ – крутний момент;

h – висота шпонки;

$l_{ш}$ – довжина шпонки.

Приклад 2.1 (Розрахунок шпонки).

Розрахувати (перевірити) шпонкове з'єднання за відомими параметрами.

Вихідний дані:

$d = 16$ мм – номінальний діаметр вала;

$M_{кр} = 9$ Н·м – крутний момент, що має передавати шпонка;

$h = 4$ мм – висота шпонки;

$l_{ш} = 12$ мм – довжина шпонки.

Рішення:

1. За формулою (2.1) маємо:

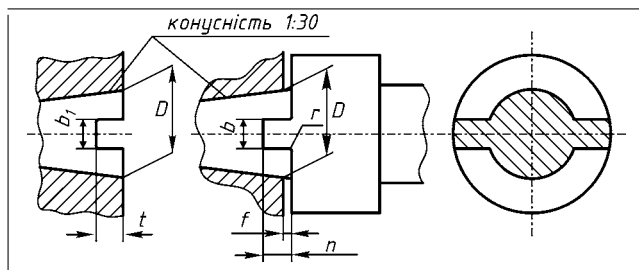
$$\sigma_{зм} = \frac{2 \cdot 10^3 M_{кр}}{d h l_{шп}} = \frac{2 \cdot 10^3 \cdot 9}{16 \cdot 4 \cdot 12} = 23,4 \text{ МПа.}$$

2. За довідниками перевіряємо допустиме напруження для вибраного матеріалу шпонки за умовою

$$\sigma_{зм} < [\sigma_{зм}] .$$

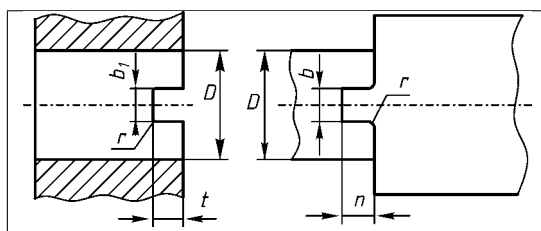
3. Якщо умова $\sigma_{зм} < [\sigma_{зм}]$ не витримується, необхідно вибрати більшу за розмірами шпонку або призначити інший матеріал.

Табл. 2.2. Кріплення на конічний оправці із торцевою шпонкою



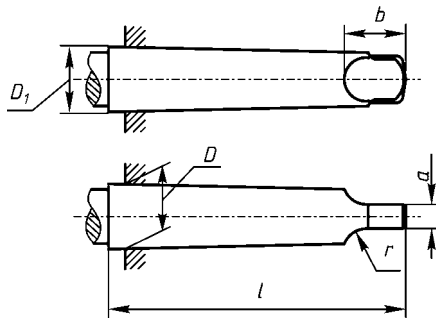
d , мм	f , мм	b , мм	n , мм	r , мм	b_1 , мм	t , мм
10	2,0	4	5	1,0	4	6
13	2,0	4	5	1,0	4	6
16	2,0	5	6	1,0	5	7,0
19	2,5	6	7	1,5	6	8,5
22	2,5	7	8	1,5	7	9,5
27	2,5	8	9	1,5	8	10,5
32	3,0	10	10	2,0	10	12,0
40	3,0	12	11	2,0	12	13,0

Табл. 2.3. Кріплення на циліндричній оправці із торцевою шпонкою



d	b	n	b_1	t	r
10	5	2,5	5	3,5	1,0
13	6	2,5	6	4,0	1,5
16	8	3,0	8	4,5	1,5
22	8	3,5	8	5,0	1,5
27	10	4,5	10	5,5	2,0
32	12	5,5	12	7,5	2,0
40	16	7,5	16	10,0	2,05

Табл. 2.4. Конуси Морзе



Морзе №	D , мм	D_1 , мм	l , мм	a , мм	b , мм	r , мм
0	9,045	9,212	59,5	3,2	10,5	4
1	12,065	12,240	65,5	3,5	13,5	5
2	17,780	17,980	78,5	4,0	16,5	6
3	23,825	24,051	98,0	4,5	20,0	7
4	31,267	31,524	123,0	5,3	24,0	9
5	44,399	44,731	155,5	6,3	30,5	11
6	63,348	63,760	217,5	7,9	45,5	17

2.4 Простота і технологічність конструкцій

Технологічність конструкції

Сукупність властивостей конструкції, що визначають її пристосованість до досягнення оптимальних витрат при виробництві, експлуатації і ремонті.

Технологічність конструкції виробів – поняття комплексне, оскільки розглядати ізольовано заготовчий процес, процес обробки, збірки і контролю, випробування і експлуатації не можна. Тобто поняття технологічності конструкції машин розповсюджується не тільки на виготовлення, але і на їх експлуатацію.

Виріб відпрацьовується на технологічність в процесі його конструювання, а не виготовлення. Технологічність конструкції оцінюється якісно і кількісно.

Якісна оцінка базується на порівняльному аналізі можливості застосування прогресивних процесів виготовлення при прийнятій і пропонованій конструкції виробу. При якісній оцінці технологічності

використовують технологічні рекомендації, які оформляються у вигляді нормативно-технічних документів. Такі рекомендації, як правило, ілюструються прикладами і поясненнями за типом "краще – гірше", "рекомендується – не рекомендується", "технологічно – не технологічно".

Якісна оцінка технологічності не визначає кількісні відмінності варіантів конструкції один від одного і від нормативного (базового) варіанту, прийнятого за еталон при порівнянні, а встановлює тільки варіант, який більшою мірою відповідає вимогам технологічних процесів виготовлення. При цьому якісна оцінка технологічності конструкції виробу дозволяє визначити елементи конструкції деталі або складальної одиниці, що вимагають зміни.

Конструкція інструмента повинна бути за можливістю простою, позбавленою яких-небудь надмірностей, які не викликані крайньою необхідністю.

Одночасно конструкція інструмента повинна бути технологічною, тобто порівняно простою у виготовленні та враховувати можливості виготовлення інструмента в конкретних умовах.

Важливо врахувати особливості матеріалів, з яких виготовляється інструмент і методи їх обробки, технологічні і метрологічні можливості устаткування.

У збірних інструментах необхідно передбачити особливості виготовлення кожної деталі.

Конструктор повинен ясно представляти технологію виготовлення даного інструмента, зокрема специфічні особливості інструментального виробництва, так що при конструюванні інструмента всі ці питання вирішуються комплексно. Особливо слід підкреслити важливість їх комплексного рішення в умовах індивідуального виробництва в інструментальних цехах заводів.

2.5 Робочий кресленик інструмента

Після необхідних розрахунків виконується робоче креслення інструмента. Основні вимоги до креслення регламентуються стандартами.

При викреслюванні інструмента існує ряд умовностей, що спрощують графічну роботу:

- не завжди зображують стружкові канавки (мітчики, розвертки, фрези);

- викреслюють зазвичай тільки 2-3 зуби у багатолезових інструментів;
- гвинтові лінії на кресленнях замінюють прямими;
- профіль інструмента зазвичай викреслюється окремо в збільшеному масштабі;
- перетини для позначення величини передніх і задніх кутів виконують частково.

На кресленнику необхідно вказати всі розміри. Якщо це однотипні інструменти (комплект мітчиків, нормалі різців і тому подібне), на кресленні пропоставляють літерні позначення розмірів, а числові значення їх даються в таблицях.

Обов'язково повинна бути вказана шорсткість поверхонь інструмента, особливо важливо вказати її на найважливіших поверхнях. а саме:

- різальні поверхні зуба;
- опорні, настановні і контрольні поверхні.

На робочому кресленнику повинні бути вказані технічні вимоги до даного інструмента:

- зовнішній вигляд;
- допуски на розміри, биття основних поверхонь;
- позначення матеріалу інструмента;
- твердість окремих частин інструмента;
- опис маркування, що маркується і на якому місці інструмента.

Технічні вимоги до інструментів містяться в технічних умовах, які на більшість інструментів стандартизовані.

Можна сказати, що стандартизація інструментів займає важливе місце і служить основою підвищення якості інструмента і ефективності його використання.

3 ІНСТРУМЕНТАЛЬНІ МАТЕРІАЛИ

Підвищення ефективності процесу обробки металів різанням відбувається за двома основними напрямками. Спочатку створюється новий, досконаліший різальний матеріал. Потім відпрацьовують конструкцію і геометрію різального інструмента, орієнтовані на підвищення міцності, стійкості, продуктивності і на отримання безпечної форми стружки.

Обидва напрями розробляються з урахуванням вимог економічності, як за вартістю і дефіцитністю різальних матеріалів, так і за вартістю виготовлення і експлуатації різальних інструментів.

Загальноприйнята класифікація інструментальних матеріалів відбиває їх хімічний склад, який визначає експлуатаційні властивості (твердість; зносостійкість; теплостійкість; механічну міцність; корозійну стійкість та ін.). В останні десятиліття з'явилася інша тенденція -- ділення інструментальних матеріалів за сферою їх застосування. Необхідно відмітити, що така класифікація є дуже умовною.

Розвиток інструментальних матеріалів йде шляхом підвищення твердості, теплостійкості і зносостійкості, що забезпечує підвищення швидкостей різання і можливість обробляти метали і сплави високої твердості. Проте нові матеріали зазвичай мають обмежену сферу застосування і не замінюють основні види матеріалів, а лише доповнюють їх. Так, відсоток сталей і твердих сплавів у декілька разів перевищує відсоток кераміки і надтвердих матеріалів в загальному об'ємі вживаних інструментальних матеріалів.

Історія розвитку оброблення металів показує, що одним з ефективних напрямів підвищення продуктивності праці в машинобудуванні є застосування нових інструментальних матеріалів.

Наприклад, застосування швидкорізальної сталі замість вуглецевої інструментальної дозволило збільшити швидкість різання в 2-3 рази. Це викликало потребу істотно удосконалити конструкцію металорізальних верстатів, перш за все збільшити їх швидкохідність і потужність. Аналогічне явище спостерігалось під час впровадження твердих сплавів¹.

¹Спочатку тверді сплави застосовували для виготовлення дротів.

3.1 Вимоги до інструментальних матеріалів

Технологія обробки металів різанням розвивалася стрибкоподібно. Кожному стрибку на вищий рівень завжди передувала розробка нових інструментальних матеріалів з вищими фізико-механічними властивостями.

Інструмент в процесі експлуатації знаходиться в складному стані. Він піддається значним контактним навантаженням (вигин і кручення до 4000 МПа).

Різальна кромка знаходиться в умовах постійного нерівномірного стискування. Багато інструментів, особливо багатозубих, піддаються дії ударних навантажень.

При недостатній міцності інструментального матеріалу це може привести до поломки інструменту або різальних кромок.

На різальну кромку інструмента впливають високі температури. При різанні з режимами, прийнятими для швидкорізальної сталі, температура в зоні різання досягає 600...650°C, для твердого сплаву – 900...950°C. Це може привести до істотних змін в структурі і властивостях матеріалу.

Властивості, які інструментальний матеріал проявляє в інструменті, і які визначають тривалість і ефективність його експлуатації, називаються властивостями стійкості. Ці властивості можна визначити лише в процесі промислової експлуатації готових інструментів, а не інструментального матеріалу. Ці властивості є комплексною характеристикою, яка залежить від декількох чинників, що діють:

- властивості інструментального матеріалу;
- режими різання;
- характеристика процесу різання (точіння, свердління і так далі), що змінює напружений стан інструменту;
- властивості оброблюваного матеріалу;
- інші чинники, що важко враховуються (наладка устаткування, умови виготовлення інструмента, культура виробництва і так далі).

До основних або експлуатаційних властивостей інструментального матеріалу відносяться:

- механічні (міцність, твердість);
- фізичні (теплопровідність);

- хімічні (опір хімічним реакціям);
- теплові (максимальна робоча температура);
- та властивості матеріалу після термічної обробки (твердість після гарту, придатність до оброблення).

Твердість

Твердість – найважливіша властивість інструментальних матеріалів. Інструмент недостатньої твердості дуже швидко втрачає свою форму і розміри.

Твердість

Характеризує опір матеріала до механічного проникнення іншого твердого тіла.

Для нормальної роботи твердість інструментального матеріалу повинна перевищувати твердість оброблюваного матеріалу щонайменше в 1,5...2 рази.

Підвищення твердості інструмента забезпечує:

- підвищення зносостійкості, його міцності і текучості;
- підвищення чистоти поверхні інструменти, яка може бути досягнута при його заточуванні;
- зменшення вірогідність налипання оброблюваного матеріалу на поверхні інструмента;
- зменшення коефіцієнта тертя між оброблюваними поверхнями та інструментом (отже, знижуються зусилля різання);
- підвищується чистота обробленої поверхні.

Зайве підвищення твердості призводить до зниження міцності і ударної в'язкості, що призводить до зниження стійкості інструмента при чорновій обробці, та дії ударних навантажень.

Підвищення твердості може привести до підвищення стійкості інструмента в одних умовах і до її зниження в інших.

Міцність

Високу міцність, на відміну від твердості, інструментальний матеріал повинен мати не лише в поверхневому шарі, але і в більш віддалених місцях, де виникають найбільші напруження. Це найважливіше для дрібних інструментів.

Міцність

Характеризує опір крихкому руйнуванню і в більшості випадків не пропорційна твердості.

За статистикою 70% дрібних інструментів виходять з ладу внаслідок поломки, а не зносу.

Для інструментальних матеріалів велике значення має поєднання міцності і твердості. При однаковій твердості 62-65 HRC межа міцності при вигині може змінюватися від 3500...3800 МПа до 1200...1500 МПа. Це пов'язано з різною величиною зерна, станом границь зерен, розподілом карбідів.

Чим вище твердість матеріалу,
тим нижче його міцність.

Тому набір основних властивостей і визначає галузь і умову раціонального використання інструментального матеріалу в різальному інструменті.

Наприклад, інструмент з надтвердих інструментальних матеріалів на основі алмазу і кубічного нітриду бору або з різальної кераміки, використовують виключно для супер чистової обробки виробів на високих і надвисоких швидкостях різання, але при вельми обмежених перетинах зрізу.

Надтверді інструментальні матеріали краще застосовувати для чистового оброблення.

При обробці конструкційних сталей на малих і середніх швидкостях різання у поєднанні з середніми і великими перетинами зрізу великі переваги отримують інструменти з швидкорізальної сталі.

Інструментальні сталі краще застосовувати для оброблення з ударами.

В'язкість

Під час руйнування матеріалу робота витрачається, в основному, на зародження тріщини, робота поширення тріщини дуже мала. Тому при недостатній в'язкості відбувається вифарбовування ріжучої кромки і поломка інструменту при урізуванні.

В'язкість

Характеризує опір матеріалу утворенню тріщин і руйнуванню під дією ударних навантажень.

Для інструментальних сталей не спостерігається строгою залежності між твердістю і в'язкістю. При незмінній твердості можна добитися підвищення в'язкості за рахунок подрібнення зерна або зменшення балу карбідної неоднорідності.

Теплостійкість

Це властивість дуже важлива як під час виготовлення інструмента (заточування), так і під час його експлуатації.

Теплостійкість

Характеризує здатність інструментального матеріалу зберігати структуру і властивості при нагріванні.

Для швидкорізальної сталі – теплостійкість ще називають червонистістю (тобто збереження твердості при нагріві до температур початку світіння сталі).

Підвищити теплостійкість можна за рахунок легування, температури гарту, за рахунок підвищення ступеня легування. Все це приводить до пониження міцності і в'язкості металу.

Орієнтовні значення температур “теплостійкості” і максимальної швидкості різання під час оброблення конструкційних сталей різними інструментальними матеріалами приведені в табл. 3.1.

Табл. 3.1. Властивості інструментальних матеріалів

Матеріал	Теплостійкість, °С	Швидкість різання, м/хв
Вуглецева сталь	200...250	10...15
Легована сталь	250...300	15...25
Швидкорізальна сталь	600...670	40...60
Тверді сплави	900...1100	150...250
Безвольфрамкові тверді сплави	1070...1100	100...300
Тверді сплави з покриттям	1300...1400	200...300
Різальна кераміка	1200...1500	400...600

Зносостійкість

Зносостійкість залежить не лише від структури і властивостей інструментального матеріалу, але і від властивостей оброблюваного матеріалу, коефіцієнта тертя, зовнішніх умов (температура, механічні дії, наявність рідини, що змашувальний-охолоджує).

Зносостійкість

Характеризує здатність матеріалу чинити опір зношуванню.

При зменшенні коефіцієнта тертя зростає стійкість інструмента за рахунок зменшення тепловиділення і зниження адгезії і налипання. При підвищенні твердості інструментального матеріалу при постійній твердості оброблюваного матеріалу коефіцієнт тертя знижується.

Теплопровідність

В процесі роботи інструменту в зоні різання температура сильно підвищується. Для підвищення працездатності інструменту необхідно, аби ця температура відводилася від зони різання.

Теплопровідність

Характеризує швидкість поширення теплоти (тепла) в нерівномірно нагрітому тілі.

Перерозподіл тепла між стружкою, інструментом і оброблюваною заготовкою змінюється залежно від теплопровідності матеріалу. При обробленні інструментом з матеріалу, який має високу теплопровідність покращуються умови відведення тепла від зони різання, що сприяє загальному зниженню температури різання і підвищенню зносостійкості інструмента.

При виготовленні різального інструмента останньою операцією є його шліфування. Процес шліфування супроводиться інтенсивним нагрівом оброблюваної поверхні.

Підвищення теплопровідності інструментального матеріалу в цьому випадку також має позитивний вплив, оскільки зменшується небезпека виникнення мікротріщин і прижогов.

Фізичні властивості

З фізичних властивостей для інструментальних матеріалів найбільш важливими є такі параметри:

- коефіцієнт лінійного розширення;
- коефіцієнт теплопровідності;
- і коефіцієнт тертя.

Збільшення коефіцієнта теплопровідності призводить до зниження температури в зоні різання за рахунок інтенсивного відведення тепла в нижче лежачі шари інструменту.

Зменшення коефіцієнта лінійного розширення наводить до зменшення внутрішньої напруги при теплосменах. При легуванні сталей Cr, W, Mo, Co, Ni зменшується коефіцієнт лінійного розширення.

Підвищення одних властивостей неминуче призводить до зниження інших.

Тому неможливо отримати в одному матеріалі максимальне поєднання всіх властивостей. Завдання полягає в тому, аби вибрати оптимальні значення тих властивостей, які найважливіші в даних умовах експлуатації, при мінімальному зниженні інших властивостей.

Технологічність

Інструментальний матеріал повинен володіти технологічними властивостями, що забезпечують оптимальні умови виготовлення з нього інструментів.

Для інструментальних сталей показниками їх високої технологічності є наступні параметри:

- хороша оброблюваність різанням і тиском;
- сприятливі до термічної обробки (мала чутливість до перегріву і знеуглецювання,
- хороша загартовуваність і прожарювана, мінімальна деформація і утворення тріщин при гарті і так далі;
- хороша здатність до шліфування (шлифуємість) після термічної обробки.

При обробленні конструкційних сталей на малих і середніх швидкостях різання у поєднанні з середніми і великими перетинами зрізу великі переваги мають інструменти з швидкорізальної сталі.

3.2 Вплив легувальних елементів

Висока твердість і зносостійкість інструмента, в основному, визначаються високим вмістом вуглецю. Легування використовують для підвищення загартовуваності, збереження дрібного зерна, підвищення міцності та в'язкості.

Вуглець C

Вуглець C є найдавнішим елементом який використовують для легування інструментальних матеріалів. Він надає сталі твердість.

Сталі, що містять 0,9...1,2% вуглецю, призначені для виготовлення різального інструмента загального призначення.

Сталі, що містять 0,45...0,7% вуглецю призначені для виготовлення ударного інструменту, оскільки вони мають значно меншу твердість, крихкість, але вищу пластичність.

Хром Cr

Основним легуючим елементом є хром Cr, який знижує критичну швидкість гарту, але збільшує кількість залишкового аустеніту. Хром збільшує твердість після гарту. Сталі з хромом і кремнієм

добре прожарюються і мало деформуються, але найменшу деформацію мають хромомарганцеві сталі. Присутність карбідів хрому Cr_3C_2 надає потрібну твердість, нікелю Ni - в'язкість, що є хорошим поєднанням для ударного інструмента.

Ванадій V

Ванадій V сприяє зниженню чутливості сталі до перегріву, підвищує зносостійкість інструмента, але погіршує придатність до шліфування.

Молібден Mo

Молібден Mo підвищує різальні властивості інструмента і зберігає їх до температур порядку 600°C , тобто додає сталі теплостійкість та зносостійкість. Істотним недоліком введення Mo є те, що він вигоряє.

Титан Ti

Титан Ti подрібнює структуру, оскільки утворює важкорозчинні в аустеніті карбіди, зменшує чутливість до перегріву і підвищує стійкість проти відпуски, що дозволяє легувати їм і швидкорізальні стали.

Кобальт Co

Кобальт Co декілька зміцнює ферит, який зберігає свої властивості при підвищених температурах, але використовувати його економічно не вигідно, хоча в швидкорізальних сталях його вживання виправдане. Кобальт підвищує зносостійкість, знижують чутливість до перегріву.

Марганець Mn

Марганець Mn сприяє укрупненню зерна, що знижує механічні властивості, збільшує кількість залишкового аустеніту і підсилює небезпеку виникнення тріщин. Марганець додають у сталь 0,9...1,2 %, збільшення його вмісту підсилює зростання зерна.

Кремній Si

Кремній Si у межах 1...1,5 % вводять для підвищення опору відпуску і утворення окалини, що легко відділяється.

Нікель Ni

Нікель Ni у межах до 1,5 % додають е штампові сталі для збільшення в'язкості.

Вольфрам W

Вольфрам W будучи тугоплавким і утворюючи нерозчинні в аустеніті карбіди підвищує зносостійкість і теплостійкість, гальмуючи зростання зерна при нагріві сталі і зменшує розпад мартенситу при відпусці, тобто збільшує стійкість сталі проти відпуску.

Проте вольфрам знижує теплопровідність сталі, що ускладнює нагрів під гарт (нагрівання сталі під гарт вимагає 1-2 підігрівання щоб уникнути тріщин).

Частина вольфраму W може бути замінена молібденом Мо. Тому найбільш вживаною на теперішній час є сталь Р6М5.

3.3 Інструментальні матеріали

Робочу частину металорізальних інструментів виготовляють з різних матеріалів. Всі інструментальні матеріали поділяються на декілька груп (таб. 3.2).

Табл. 3.2. Основні групи інструментальних матеріалів

Вуглецеві сталі	<ul style="list-style-type: none">– сталі звичайної якості;– сталі високоякісні.
Леговані сталі	<ul style="list-style-type: none">– сталі спеціального призначення.
Швидко-різальні сталі	<ul style="list-style-type: none">– нормальної продуктивності;– підвищеної продуктивності.
Тверді сплави	<ul style="list-style-type: none">– вольфрамові;– титано-вольфрамові;– титано-тантало-вольфрамові;– безвольфрамові.
Мінерало-кераміка	<ul style="list-style-type: none">– біла;– сіра.
Абразиви	<ul style="list-style-type: none">– природні;– синтетичні;– надтверді.
Алмази	<ul style="list-style-type: none">– природні;– синтетичні.
Над тверді синтетичні матеріали	<ul style="list-style-type: none">– кубоніт;– ельбор.

3.3.1 Вуглецеві інструментальні сталі

Інструментальні сталі призначені для виготовлення різального інструмента. В процесі експлуатації всі різальні інструменти піддаються стиранню, дії високі тиски, а також підвищеним навантаженням, найчастіше, вигину або кручення.

Сталі звичайної якості марок У7-У13 і високоякісні марки У7А-У13А містять 0,7...1,3% вуглецю. Літера “А” в маркуванні² свідчить про максимально допустимий вміст шкідливих домішок сірки не більше 0,03%.

Нижче наведено склад вуглецевих інструментальних сталей

Сталь	С, %	Мп, %	Si, %
У7	0,60 ... 0,74	0,25 ... 0,35	менше 0,3
У8	0,75 ... 0,85	0,25 ... 0,35	
У9	0,85 ... 0,94	0,20 ... 0,30	
У10	0,95 ... 1,09	0,15 ... 0,25	
У12	1,10 ... 1,25	0,15 ... 0,25	
У13	1,26 ... 1,40	0,25 ... 0,35	

Історично, вуглецеві інструментальні сталі з'явилися найпершими. На жаль вони мають низькі різальні властивості. При температурі в зоні різання більш 200 °С вуглецеві сталі різко втрачають різальні властивості.

Застосовуються вуглецеві інструментальні сталі порівняно рідко і лише для ручних і ударних інструментів, а також для робочих елементів (матриці і пуансони) штампів для холодного штампування.

Загалом, вуглецеві інструментальні сталі мають таке (дещо обмежене) застосування:

- У7 – інструменти, які піддаються ударам і такі, що вимагають високої в'язкості – зубила, кернера, ножі по металу. Твердість HRC 62.
- У8 – інструменти для оброблення деревини – фрези, зенкери, пили подовжні і дискові. Твердість HRC 62.
- У9, У10 – розвертки, плашки, ножівкові полотна. Твердість HRC 62.
- У10, У12– ножі (по металу та мисливські). Твердість HRC 58.
- У12, У13– напилки, мітчики, розвертки. Твердість HRC 60-62.

²Раніше ці сталі так і називали – автоматні сталі (для верстатів-автоматів)

3.3.2 Леговані інструментальні сталі

Різальні властивості легованих сталей властивості вищі, ніж вуглецевих. Основними легувальними елементами є хром, ванадій, молібден, марганець, кремній і вольфрам. Найбільшого поширення набули наступні марки сталей: 13Х, 9ХС, ХВГ, ХВСГ, Х6ВФ, Х12М.

Хімічні елементи, що входять до складу низьколегованих сталей маркують літерами абетки:

Г	– марганець	Ф	– ванадій
С	– кремній	Н	– нікель
Х	– хром	М	– молібден
В	– вольфрам	У	– вуглець

Застосовуються леговані інструментальні сталі для ручних і машинних (що працюють з невеликими швидкостями) інструментів, для накатних інструментів і для робочих елементів штампів.

Леговані інструментальні сталі мають таке застосування:

- 11Х – мітчики діаметром до 30 мм. Твердість не більше HRC 62.
- 13Х – ручний гравіювальний інструмент. Твердість HRC 64.
- ХВГ – протяжки, мітчики, розвертки великої довжини. Твердість HRC 62.
- 9ХС – свердла, розвертки, плашки, гребінки зуборізні, мітчики. Твердість HRC 60
- ХВСГ – протяжки і фрези складного профілю. Твердість HRC 62.
- Х6ВФ – ролики для накочування рифлень. Твердість HRC 58–60.
- Х12М – плашки різьбові накатні плоскі. Твердість HRC 58–60.

3.3.3 Швидкорізальні сталі

Створення швидкорізальної сталі привело до першого істотного підвищення продуктивності обробки. Такий ефект був отриманий завдяки введенню до їх складу додаткових легуючих елементів. Головними з них є:

- в інструментальній сталі марки Р18:
 - вольфрам *W* (17-18,5 %);
 - молібден *Mo* 1 %;
 - і ванадій *V* (1,0 - 1,4 %).

– в інструментальній сталі марки Р6М5:

- вольфрам *W* 5,5...6,5 %;
- молібден *Mo* 5,0...5,5 % ;
- і ванадій *V* 1,0...2,1 %.

Зменшення в марці Р6М5 дефіцитного вольфраму компенсується збільшенням молібдену, позитивний вплив якого аналогічно вольфраму, але проявляється більшою мірою. Один відсоток молібдену відповідає 1,5 - 2,1 % вольфраму.

Швидкорізальні сталі набули значного поширення в промисловості для виготовлення металорізальних інструментів³.

Швидкорізальні сталі діляться на дві підгрупи:

- сталі нормальної продуктивності марок Р9, Р12, Р18, Р6М5, Р6М3, які застосовують для інструментів, що оброблюють звичайні конструкційні сталі;
- сталі підвищеної продуктивності марок Р9К5, Р9К10, Р14Ф4, Р10Ф5К5, Р9М4К8, Р6М5К5, що застосовуються для інструментів, які обробляють сталі аустенитного класу (неіржавіючі, жароміцні і тому подібне).

Основним легувальним елементом швидкорізальних сталей є вольфрам *W*, крім нього до складу сталей можуть входити молібден *Mo*, ванадій *V*, кобальт *Co*.

Швидкорізальні сталі характеризуються складністю термічної обробки (ступінчастий нагрів під гарт, висока температура нагріву при малому допустимому інтервалі, необхідність захисної атмосфери, багаторазна відпустка).

Підвищення різальних властивостей швидкорізальних сталей можна досягти раціональними режимами термічної обробки, поверхневим зміцненням (хромування, ціанування), зниженням неоднорідності карбіду, пластичною деформацією.

Сталі нормальної продуктивності

Основні марки швидкорізальних сталей нормальної продуктивності та загального застосування такі:

³Перші швидкорізальні інструментальні сталі з'явились у 1886 році. Їх винайшов американський інженер Тейлор Фрідерік Уїнслоу.

- P9 – 9% вольфраму.
Погано шліфується, пригоряє. Застосовують для не дуже відповідального інструмента.
- P12 – 12% вольфраму.
Проміжна між P9 і P18.
- P18 – 18% вольфраму.
Найкраща, але містить багато дефіцитного вольфраму. У теперішні часи практично не застосовують через дефіцит вольфраму.
- P6M3 – 6% вольфраму;
3% молібдену.
Проміжна між P18 і P6M5. Застосовують як замінник більш дорогої сталі P6M5.
- P6M5 – 6% вольфраму;
5% молібдену.
Найбільш поширена в машинобудуванні.

Інструментальні сталі нормальної продуктивності мають таке застосування в загальній обробці металів:

- P9 – інструменти простій форми, що не вимагають великого об'єму шліфувальних операцій. Застосовується для обробки звичайних конструкційних матеріалів, має підвищену пластичність і може використовуватися для виготовлення інструментів методами пластичного деформування. Однак має знижену придатність до шліфування.
- P12 – приблизно для тих же цілей, що і сталь P18, але дещо гірше шліфується.
- P18 – для всіх видів різального інструмента при обробці звичайних конструкційних матеріалів. У теперішній час майже не використовують через значний вміст дорогого вольфраму.
- P6M5 – всі види різальних інструментів. Можливо використовувати для інструментів, що працюють з ударними навантаженнями. У теперішній час найпоширеніша інструментальна сталь.
- P6M5ФЗ – чистові та напівчистові інструменти (фасонні різці, розвертки, протяжки і ін.) при обробці конструкційних сталей.

- 10P6M5 – те ж, що і сталь P6M5, але в порівнянні із нею має дещо більшу твердість, але меншу міцність.
- P9Ф5 – інструменти простої форми, що не вимагають великого об'єму шліфувальних операцій. Рекомендується для обробки матеріалів з підвищеними абразивними властивостями, для чистових інструментів, що працюють з середніми швидкостями різання і малими перетинами зрізу. Здатність до шліфування знижена.
- P12Ф3 – чистові і напівчистові інструменти, що працюють з середніми швидкостями різання, для оброблення матеріалів з підвищеними абразивними властивостями. Добре придатна до шліфування.

Сталі підвищеної продуктивності

Швидкорізальні сталі підвищеної продуктивності мають у своєму складі підвищений вміст кобальту – більше 5 %.

Інструментальні сталі підвищеної продуктивності мають таке застосування у загальній обробці металів⁴:

- P9K5 – 9% вольфраму;
5% кобальту.
Інструменти призначені для оброблення корозійно-стійких сталей та жароміцних сплавів, а також сталей підвищеної міцності. Оброблення сталей і сплавів підвищеної твердості. Чистова і напівчистова обробка без вібрацій. Здатність до шліфування знижена.
- P6K5M5 – 6% вольфраму;
5% кобальту;
5% молібдену.
Для чистових та напівчистових інструментів при обробленні легованих та корозійно-стійких сталей. Оброблення високоміцних нержавіючих, жароміцних сталей і сплавів в умовах підвищеного розігрівання різальної кромки. Здатність до шліфування дещо знижена.

⁴Загалом інструментальних сталей декілька десятків марок, деякі з них мають відносно широке застосування, деякі досить специфічне. Все залежить від галузі застосування та оброблюваного матеріалу.

3.3.4 Тверді сплави

Твердосплавний інструментальний матеріал з'явився у вітчизняному виробництві в 1925–1930 рр. під назвою "Побідит" (російською "Победит"). Аналогічні різальні матеріали того ж часу в США мали назву "Карболой", а в Німеччині — "Відіа".

Головна позитивна особливість твердосплавного інструмента перед швидкорізальними сталями полягає в значно збільшеній теплостійкості до 800...900°C, що перевершує швидкорізальну сталь Р18 в 1,3...1,5 рази, а за швидкістю різання, що допускається, до 3...8 разів з відповідним збільшенням продуктивності обробки.

При вказаних прогресивних особливостях твердий сплав має деякі слабкі сторони, які необхідно враховувати при виборі його марки для конкретних умов обробки. До них відносяться зменшене до 2,5...3 разів зусилля, що допускається, на вигин і у 1,5...3 рази -- на ударну в'язкість.

Для того, щоб здолати вказані недоліки, необхідно знати, що зміст кобальту Со в різних марках розрізняється в досить широких межах, а підвищений вміст кобальту в твердому сплаві збільшує його міцність на вигин.

Тверді сплави застосовуються у вигляді пластинок, отриманих спіканням карбідів вольфраму, титану і танталу, з металевим кобальтом. Розрізняють такі групи твердих сплавів.

Група ВК

Вольфрамо-кобальтові (одно-карбідні). Сплави групи ВК застосовують для оброблення чавуну, пластичних мас, кольорових металів та сплавів на їх основі. Основні представники цієї групи мають такий склад:

Марка	Карбід вольфраму WC, %	Карбід титану TiC, %	Карбід танталу NaC, %	Металевий кобальт Со, %
ВК3	97	—	—	3
ВК6	94	—	—	6
ВК8	92	—	—	8

Під час обробки чавуну, бронзи і інших подібних матеріалів утворюється стружка надлому, що складається з окремих елементів, слабо пов'язаних між собою.

Стружка надлому значно навантажує зусиллям різання ділянку передньої поверхні різця, яка безпосередньо прилягає до різальної кромки. Тому для того, щоб уникнути сколювання або руйнування

різальної кромки для різців з твердим сплавом, застосовують групу ВК яка мають підвищений вміст кобальту вольфраму *WC*.

Група ТК

Титано-вольфрамо-кобальтові (двох-карбідні). Марки твердого сплаву групи ТК застосовують для обробки сталей, сталевих литва і інших матеріалів, що утворюють зливну стружку. Така стружка утворює на передній грані різця лунку, центр тиску якої з боку стружки знаходиться на деякому видаленні від різальної кромки. Основні представники цієї групи мають такий склад:

Марка	Карбід вольфраму <i>WC</i> , %	Карбід титану <i>TiC</i> , %	Карбід танталу <i>NaC</i> , %	Металевий кобальт <i>Co</i> , %
T5K10	85	5	–	10
T15K6	79	15	–	6
T30K4	66	30	–	4

Сплави групи ТК застосовують для оброблення конструкційних сталей на звичайних режимах різання. Вони є більш теплостійкими і допускають велику швидкість різання. Цьому сприяє титан *Ti*, що входить до їх складу.

Група ТТК

Титано-тантало-вольфрамо-кобальтові (трьох-карбідні). Основні представники групи ТТК мають такий склад:

Марка	Карбід вольфраму <i>WC</i> , %	Карбід титану <i>TiC</i> , %	Карбід танталу <i>NaC</i> , %	Металевий кобальт <i>Co</i> , %
TT7K12	81	4	3	12
TT20K9	71	8	12	9

Сплави групи ТТК застосовують для оброблення жароміцних та важкооброблюваних сталей.

Тверді сплави є найбільш перспективним інструментальним матеріалом майже для всіх видів інструментів. При конструюванні і використанні інструментів доцільно прагнути застосовувати тверді сплави.

У усіх марках твердих сплавів, що відрізняються між собою різним змістом кобальту, простежується така закономірність – разом із збільшенням в марці змісту кобальту її твердість і допустима швидкість різання зменшуються, а міцність на вигин збільшується. Ця закономірність дотримується усередині кожної групи,

узятій окремо. Тому для чорнкової обробки із збільшеним перерізом стружки застосовують марки із збільшеним змістом кобальту при зменшеній швидкості різання.

За міжнародною системою маркування тверді сплави, пов'язують з рекомендаціями по обробці конкретних матеріалів,

Прийняті наступні позначення:

- P** – (синій колір) – для обробки стали;
- M** – (жовтий колір) – для обробки неіржавіючої сталі;
- K** – (червоний колір) – для обробки чавуну;
- N** – (зелений колір) – для обробки алюмінію і кольорових металів;
- S** – (коричневий колір) – для обробки жароміцних і титанових сплавів;
- H** – (сірий колір) – для обробки матеріалів високої твердості.

3.3.5 Мінералокераміка

Застосовується у вигляді пластин, основу яких складає технічний глинозем (Al_2O_3). Переваги кераміки: висока твердість, теплостійкість і зносостійкість, дешевизна. Недолік - крихкість.

Марки мінералокерамічних пластин ЦМ332, біла кераміка – ВШ, чорна кераміка В-3 (60% Al_2O_3 + 40% карбідів тугоплавких металів). Як добавки до кераміки використовують карбіди титану, вольфраму, молібдену. Такі матеріали отримали назву – кермети.

Застосовують мінералокераміку для чистового оброблення.

3.3.6 Алмази

Алмаз – найтвердіший інструментальний матеріал (у 4...5 разів твердіше за твердий сплав), проте він крихкий і дорогий (дуже, дуже дорогий).

До різальних надтвердих матеріалів відносять, передусім, природний алмаз. До його цінних властивостей, що перевершують усі інші різальні матеріали, відноситься його висока твердість, а також зносостійкість. Проте його дефіцитність і висока вартість, що у багато разів перевершує вартість твердих сплавів, призводила до обмежено-вузької сфери застосування його у виробництві (верстати алмазно-розточувальні і координатно-розточувальні).

В період 1961-1963 рр. були розроблені методи отримання більш перспективних видів різального матеріалу у вигляді синтетичних алмазів, не поступливих за своїми різальними властивостями природному алмазу, але на дешевшій і бездефіцитній основі.

Натуральні (природні) алмази застосовуються для металообробки вкрай рідко, найбільш поширені в даний час інструменти з синтетичного алмазу, отриманого з графіту в умовах високих температур і тиску (до 2000°C і 3000...4000 МПа).

Синтетичні алмази отримали широке застосування в промисловості у вигляді двох марок -- АСБ (балас) і АСПК (карбонадо). Слабким місцем синтетичних алмазів є знижена міцність на стискування 210...400 МПа та низька теплостійкість 600...800°C. Відповідно до його різці з синтетичними алмазами застосовують для обробки металів, сплавів і неметалічних матеріалів з наступними режимами обробки:

- подача 0,03...0,1 мм/об;
- глибина різання 0,5...1,0 мм.

Алмазні інструменти широко застосовуються в металообробці:

- алмазні різці для чистової обробки кольорових металів і сплавів і неметалічних матеріалів;
- у вигляді алмазних порошків для абразивних інструментів;
- у вигляді спеціальних олівців для правки абразивних шліфувальних кругів.

Замість однокристалічних алмазів зазвичай лезові інструменти оснащують полікристалічними алмазами – спечений алмазний порошок у вигляді блоку (циліндр діаметром 3...5 мм і завдовжки 5...8 мм).

Зауваження. Не треба плутати алмази з діамантами. Алмаз, це природний елемент – камінець. Діамант, це оброблений (підданий огранюванню) алмаз призначений для прикрас.

3.3.7 Синтетичні матеріали

Основою синтетичних матеріалів служить синтетичний надтвердий матеріал – що складається з кубічного нітриду бору (43,6% бору + 56,3% азоту). Цей матеріал має кубічну структуру (кубічну решітку).

Залежно від виробника його називають:

- кубоніт КНБ (Україна);
- або Ельбор (Росія. Від радянської назви Санкт-Петербургу – Ленінград).

Кубоніт⁵ використовують у вигляді:

- порошку для виготовлення абразивного інструмента або шліфувальних паст,
- а також у вигляді полікристалічних блоків (циліндр діаметром 3...5 мм і завдовжки 5...8 мм) для оснащення лезового інструмента (різці, фрези і ін.).

Високі механічні властивості (HRC 48...64) дозволяють обробляти кубонітовими різцями високоміцні сталі, металокераміку, склопластик.

3.4 Перспективи інструментальних матеріалів

З розглянутих матеріалів найбільш поширені в металообробній промисловості швидкорізальні сталі, тверді сплави і мінералокераміка.

Питома вага застосування інструментальних матеріалів зображена на рис. 3.1

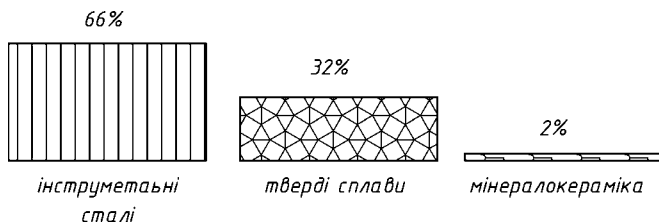


Рис. 3.1. Застосування інструментальних матеріалів

За об'ємом металу що зрізується, співвідношення між різними інструментальними матеріалами подано на рис. 3.2

⁵Інколи називають композитом. Наприклад: композит 01, композит 02, композит 05, композит 09, композит 10 або ісміт 1, ісміт 2, ісміт 3. Все залежить від виробника та країни походження.

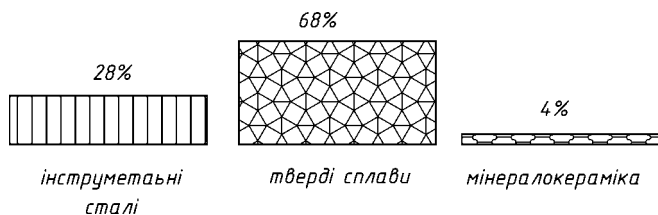


Рис. 3.2. Об'єм видаленого матеріалу

Тверді сплави – особливо перспективний інструментальний матеріал, основні напрями його вдосконалення і підвищення ефективності використання;

- створення нових марок твердих сплавів з вищими прочностними і ріжучими властивостями за рахунок обробки композиції і поліпшення структури;
- розробка нових марок безвольфрамових твердих сплавів;
- розробка спеціальних марок твердих сплавів для умов переривистого різання;
- подальше вдосконалення методів зносостійкого покриття твердосплавних пластин.

Рациональний вибір інструментального матеріалу при конструюванні металорізального інструмента дозволяє підвищити ефективність обробки і продуктивність праці.

Список літератури

1. Геллер С. А. Инструментальные стали. 2-е изд. – М. Машиностроение, 1986. – 568 с.
2. Гуляев А. П. Инструментальные стали. – М. Машиностроение, 1975. – 272 с.

4 ТОКАРНІ РІЗЦІ

4.1 Звичайні різці

Різець

Найбільш поширений однолезовий інструмент, призначений для оброблення деталей з обертальним або поступальним головним рухом.

Токарні різці застосовуються на токарних, револьверних, карусельних, розточувальних верстатах і токарних автоматах і напів-автоматах. Залежно від виду верстата і виконуваної роботи використовують різні різці (рис. 4.1), які класифікують за наступними ознаками:

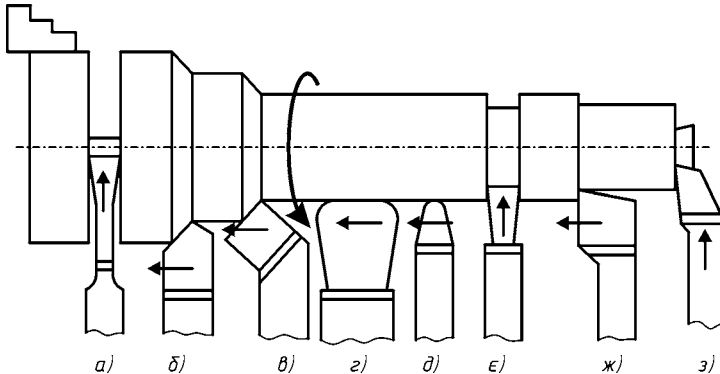


Рис. 4.1. Типи різців:

- | | |
|----------------------------------|------------------------|
| <i>a</i> – відрізний; | <i>d</i> – радіусний |
| <i>b</i> – прохідний прямий; | <i>e</i> – канавковий; |
| <i>v</i> – прохідний відігнутий; | <i>zh</i> – упорний; |
| <i>z</i> – зачистний; | <i>z</i> – підрізний. |

Більшість різців можна поділити на праві та ліві за рис. 4.2 залежно від напрямку їх руху (напрямку подачі).

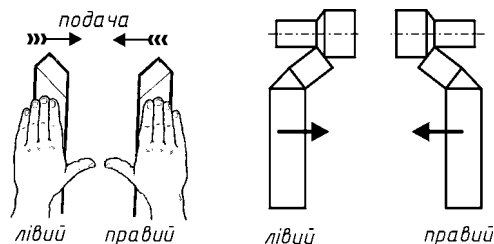


Рис. 4.2. Ліві та праві різці

Прохідні різці

Прохідні токарні різці (рис. 4.1,б та в) застосовують для зовнішнього точіння циліндричних і конічних поверхонь деталей з подовжньою подачею.

Упорні різці

Широко застосовують прохідні упорні різці (рис. 4.1,ж) з головним кутом у плані $\varphi = 90^\circ$. Їх використовують при подовжному точінні з одночасною обробкою торцевої поверхні, що становить з циліндричною поверхнею прямий кут. Упорні різці застосовують також при точінні не жорстких валів. Такі різці викликають менший прогин заготовки.

Проте у прохідних різців з головним кутом в плані $\varphi = 45^\circ$ в роботі бере участь більша частина різальної кромки, ніж у упорних різців з кутом $\varphi = 90^\circ$, тому стійкість упорних різців менша, ніж у прохідних.

Підрізні різці

Підрізні токарні різці (рис. 4.1,з) застосовують для підрізання торців і уступів з поперечною подачею. При підрізуванні торців і уступів напрям подачі може йти від зовнішньої поверхні до центру або ж від центру до зовнішньої поверхні.

В останньому поверхня торця виходить чистішою, ніж при роботі з подачею, спрямованою від зовнішньої поверхні валу до її центру.

Проте такий спосіб підрізування торців і уступів не дозволяє перевірити точне положення торця або уступу, після пробної стружки, відносно інших поверхонь деталі.

Обробку уступів великої висоти здійснюють зазвичай за декілька проходів, комбінуючи подовжню подачу з поперечною. Спочатку підрізним різцем, встановленим під кутом 5° до поверхні уступу, здійснюють обробку циліндричної ділянки, при цьому за кожен подовжній прохід знімають шар завглибшки 2...3 мм. Потім, тим же різцем, здійснюють чистове підрізування уступу з подачею, спрямованою від центру до зовнішньої поверхні уступу.

Відрізни та прорізни різці

Відрізни і прорізни (канавкові) токарні різці (рис. 4.1,а та є) застосовують для відрізування або розрізування деталей і заготовок, для утворення (прорізування) пазів і канавок з поперечною подачею.

На робочій частині прорізного і відрізного різців є головна різальна кромка і дві допоміжні кромки. Кожна допоміжна кромка розташована по відношенню до напрямку поперечної подачі під невеликим допоміжним кутом в плані $\varphi_1 = 1...2^\circ$ і, крім того, уся головка різця звужується до підшви (2...3°). Це зменшує тертя допоміжних задніх поверхонь різця об стінки канавки.

За принципом роботи і геометрії відрізний різець (рис. 4.1,а) не відрізняється від прорізного (рис. 4.1,є), але має вужчу головну різальну кромку. У зв'язку з цим збільшується можливість поломки різця, тому головку відрізного різця часто посилюють збільшуючи її висоту. Щоб зменшити втрати матеріалу при відрізанні, відрізни різці виготовляють з можливо вузькою різальною кромкою.

Радіусні та зачистні різці

Радіусні (галтельні) токарні різці (рис. 4.1,д) застосовують для проточування закруглень (галтелів). Серед фасонних поверхонь невеликих розмірів, що обробляються на токарних верстатах галтельними різцями, значну частину складають галтелі, що є криволінійними (радіусними) поверхнями обертання.

Галтелі виконують для плавного переходу від однієї поверхні до іншої. Залежно від розмірів і призначення деталі радіус галтелей коливається в межах 2...5 мм. Технологія обробки галтелей визначається розмірами і вимогами до якості їх поверхні.

Зачистні різці (рис. 4.1,є) застосовують для зачищення обробленої поверхні після її оброблення різцями з великою подачею. Зачистний

різець “зачищає” гребінці, що утворились в наслідок попередньої обробки деталі з великою подачею.

Збірні різці

Для кріплення багатограних пластин до оправки різця існують численні конструкції. Найбільш поширені принципові конструкції наведено на рис. 4.3...4.6.

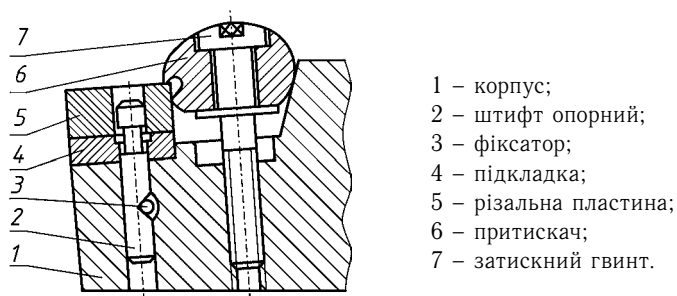


Рис. 4.3. Різець T-MAX P

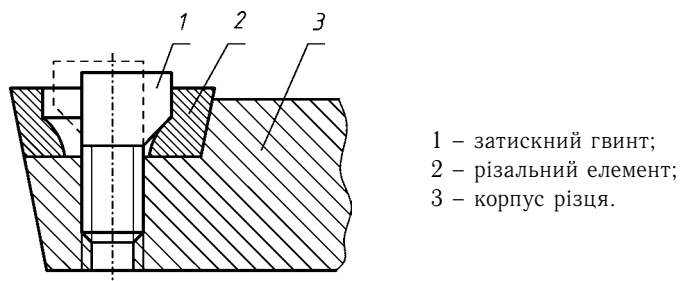
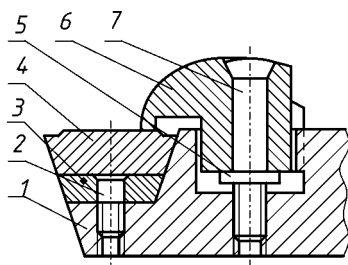
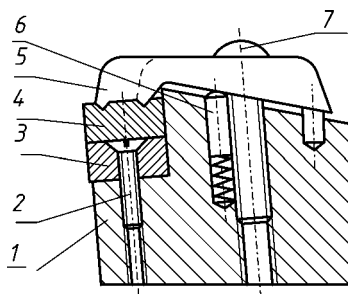


Рис. 4.4. Різець T-MAX U-LOCK



- 1 – корпус;
- 2 – штифт опорний;
- 3 – підкладка;
- 4 – різальна пластина;
- 5 – опорний диск;
- 6 – притискач;
- 7 – затискний гвинт.

Рис. 4.5. Різець T-MAX S



- 1 – корпус;
- 2 – гвинт підкладки;
- 3 – підкладка;
- 4 – різальна пластина;
- 5 – накладний притискач;
- 6 – штифт з пружиною;
- 7 – затискний гвинт.

Рис. 4.6. Різець T-MAX

4.1.1 Застосування різців

Токарні різці залежно від шорсткості обробленої поверхні поділяються на чорнові (обдирні), чистові і різці, що являються одночасно чорновими і чистовими (відрізні, прорізні, різбові і фасонні).

Чорнове точіння застосовується для грубої і попередньої обробки. При чорновій обробці зрізують основну частину припуску. Шорсткість поверхні отримують в межах $Rz\ 320\ldots80$. Точність розмірів не перевищує 12...13 квалітету.

При напівчистовому точінні шорсткість обробленої поверхні відповідає $Rz\ 40\ldots20$. Припуск на обробку зазвичай дорівнює 3...6 мм на діаметр. Точність розмірів оброблюваних поверхонь в межах 11 квалітету.

Конструктивною відмінністю чистових різців від чорнових є наявність радіуса округлення при вершині різця або наявність широкої головної різальної кромки.

При чистовому точінні існують два принципово різних метода:

- оброблення з малою подачею;
- оброблення широкими різцями з великою подачею.

Оброблення з малою подачею

Найбільше поширення має точіння з малою подачею звичайними чистовими різцями, оскільки при цьому не виникає великих зусиль різання і краще забезпечується висока точність обробки. Недоліком цього методу є порівняно низька продуктивність.

Оброблення широкими різцями

Точіння широкими різцями з великими подачами застосовується, головним чином, у важкому машинобудуванні при обробці великих валів на верстатах високої жорсткості. Довжина головного леза широким різців залежить від подачі: вона не має бути менше подвійної величини подачі, інакше отримати чисту поверхню взагалі неможливо.

Продуктивність точіння широкими різцями в десятки разів вища, ніж при звичайному чистовому точінні. Шорсткість поверхні при точінні сталевих заготовок відповідає $Ra\ 2,5\ldots0,63$, а при обробці чавуну $Rz\ 20$. Для отримання високої якості поверхні необхідно ретельно заточувати і потім доводити леза різців, а також ретельно встановлювати різець на верстаті; його головне лезо має бути строге паралельно осі заготівлі.

Тонке точіння

Тонке (алмазне) точіння характеризується малою глибиною різання ($t = 0,01...0,05$ мм) і малими подачами ($s = 0,02...0,1$ мм/про), але з високими швидкостями різання ($v = 300...500$ м/хв і більш). При тонкому точінні досягаються 5...7 квалітети, а шорсткість поверхні $Ra\ 0,63...0,25$; при точінні алмазними різцями навіть $Ra\ 0,160...0,063$.

4.1.2 Конструктивні елементи

Перед тим як почати конструювання різця необхідно визначити зусилля різання, що виникають під час роботи інструмента.

Зусилля різання

Величину складової P_z зусилля різання, для оброблення точінням можливо розрахувати за формулою

$$P_z = C_p t^{x_p} s^{y_p} \quad (4.1)$$

де t – глибина різання, мм;
 s – подача, мм/об;
 x_p – коефіцієнт глибини різання;
 y_p – коефіцієнт подачі;
 C_p – коефіцієнт матеріалу.

Коефіцієнти C_p , x_p та y_p , що входять до залежності (4.1) можливо вибрати такими:⁶

Деталь	Матеріал інструмента	C_p	x_p	y_p
Сталь	- твердий сплав	300	1,0	0,75
	- сталь інструментальна	200	0,72	0,75
Чавун сірий	- твердий сплав	92	1,0	0,75
	- сталь інструментальна	158	1,0	1,0
Чавун м'який	- твердий сплав	81	1,0	0,75
	- сталь інструментальна	139	1,0	1,0

Приклад 4.1 (Сила різання P_z).

Розрахувати головну складову зусилля різання P_z при точінні сталеві деталі інструментом із швидкорізальної сталі.

⁶При розрахунках у Ньютона коефіцієнт C_p необхідно помножити на 9,80665.

Вихідний дані:

$t = 2,5$ мм – глибина (товщина) різання;

$s = 0,25$ мм/об – подача.

Рішення:

1. Зусилля різання за (4.1)

$$\begin{aligned} P_z &= 9,8 C_p t^{x_p} s^{y_p} = \\ &= 9,8 \cdot 200 \cdot 2,5^{0,72} 0,25^{0,75} = 1340 \text{ Н.} \end{aligned}$$

2. Отже, приймаємо величину головної складової зусилля різання при точінні $P_z = 1340$ Н.

Розміри різця

Габаритні розміри різця (рис. 4.7) визначають за розрахунками залежно від наявних зусиль різання.

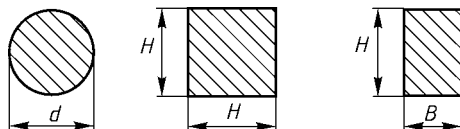


Рис. 4.7. Поперечний переріз оправок

Квадратна $H \times H$ оправка⁷ може мати наступні розміри, мм:

4 × 4	6 × 6	10 × 10	12 × 12	16 × 16	20 × 20
25 × 25	32 × 32	40 × 40	50 × 50	63 × 63	80 × 80

Прямокутна $H \times B$ оправка⁸ може мати наступні розміри, мм:

6 × 4	8 × 5	10 × 6	12 × 8	16 × 10	20 × 12
25 × 16	32 × 20	40 × 25	50 × 32	63 × 40	80 × 50

Кругла оправка може мати наступні розміри (діаметри), мм:

6	8	10	12	16	20	25	32	40
---	---	----	----	----	----	----	----	----

⁷ Для квадратної оправки її висота H та ширина мають однаковий розмір.

⁸ Прямокутна оправка має висоту H та ширину B .

Розрахункові формули:⁹ за якими можливо визначити розмір торцевого перерізу оправки:

– для різців з квадратною форми $H \times H$ оправки:

$$H^3 = \frac{6 P_z l}{\sigma_{\text{інстр}}}, \quad (4.2)$$

де H – висота оправки, мм;

B – ширина оправки, мм;

l – виліт різця відносно різцетримача, мм;

P_z – складова зусилля різання, кН;

$\sigma_{\text{інстр}}$ – допустиме напруження, $\sigma_{\text{інстр}} = 200 \dots 250$ МПа.

– для різців з прямокутною формою $B \times H$ оправки:

$$B \cdot H^2 = \frac{6 P_z l}{\sigma_{\text{інстр}}}, \quad (4.3)$$

– для різців з круглою оправкою:

$$d^3 = \frac{10 P_z l}{\sigma_{\text{інстр}}}. \quad (4.4)$$

Приклад 4.2 (Різець з круглою оправкою).

Розрахувати круглу оправку токарного різця, який обточує сталеву деталь.

Вихідний дані:

$P_z = 1340$ Н – зусилля різання (за прикладом 4. 1);

$l = 45$ мм – виліт оправки різця;

Рішення:

1. Для токарного різця з круглою оправкою за формулою (4.4) маємо

$$d^3 = \frac{10 P_z l}{\sigma_{\text{інстр}}}.$$

2. Підставивши числові параметри маємо

$$d^3 = \frac{10 P_z l}{\sigma_{\text{інстр}}} = \frac{10 \cdot 1340 \cdot 45}{200} = 3115 \text{ Н}.$$

⁹Нефедов Н. А. Сборник задач и примеров по резанию металлов и режущему инструменту. / Н. А. Нефедов, К. А. Осипов / М.: Машиностроение, 1990. С.99.

Звідки маємо $d = 15,75 = 16$ мм.

3. Остаточно за стандартами приймаємо поперечний переріз оправки різця 16 мм як найближчу більшу.

Приклад 4.3 (Різець з квадратною оправкою).

Розрахувати квадратну оправку токарного різця, який обточує сталеву деталь.

Вихідний дані:

$P_z = 1340$ Н – зусилля різання (за прикладом 4. 1);

$l = 45$ м – виліт оправки різця;

Рішення:

1. Для квадратного токарного різця за формулою (4.2) маємо

$$H^3 = \frac{6 P_z l}{\sigma_{\text{інстр}}}.$$

2. Підставивши числові параметри маємо

$$H^3 = \frac{6 P_z l}{\sigma_{\text{інстр}}} = \frac{6 \cdot 1340 \cdot 45}{200} = 1809 \text{ Н}.$$

Звідки маємо $H = 12,18 = 12$ мм.

3. Остаточно за стандартами приймаємо поперечний переріз оправки різця 16×16 мм як найближчу більшу.

Приклад 4.4 (Різець з прямокутною оправкою).

Розрахувати прямокутну оправку токарного різця, який обточує сталеву деталь.

Вихідний дані:

$P_z = 1340$ Н – зусилля різання (за прикладом 4. 1);

$l = 45$ мм – виліт оправки різця;

$H = 1,6B$ – співвідношення між шириною B та висотою H поперечного перерізу оправки різця.

Рішення:

1. Для прямокутного токарного різця за формулою (4.3) маємо

$$B \cdot H^2 = \frac{6 P_z l}{\sigma_{\text{інстр}}}. \quad (4.5)$$

2. Враховуючи співвідношення між H та B формулу (4.5) можливо переписати як

$$B \cdot (1,6B)^2 = B^3 = \frac{6 P_z l}{2,56 \sigma_{\text{інстр}}}.$$

3. Підставивши числові параметри маємо

$$B^3 = \frac{6 P_z l}{2,56 \sigma_{\text{інстр}}} = \frac{6 \cdot 1340 \cdot 45}{2,56 \cdot 200} = 706 \text{ Н}.$$

Звідки маємо $B = \sqrt[3]{706} = 8,9 = 9 \text{ мм}$.

4. Враховуючи співвідношення $H = 1,6B$ отримаємо

$$H = 1,6B = 1,6 \cdot 9 = 14,4 \text{ мм}.$$

5. Остаточно за стандартами приймаємо поперечний переріз оправки різця $10 \times 16 \text{ мм}$. Приклад креслення подано на рис. 4.8.

Міцність різця

Максимальне навантаження P_{max} , яке витримує різець (при відомих параметрах) можливо визначити за наступними залежностями:

– для призматичного (або квадратного) різця:

$$P_{\text{max}} = \frac{B H^2 \sigma_{\text{доп}}}{6 l} \quad (4.6)$$

де $\sigma_{\text{доп}}$ – допустиме навантаження для матеріалу оправки різця.

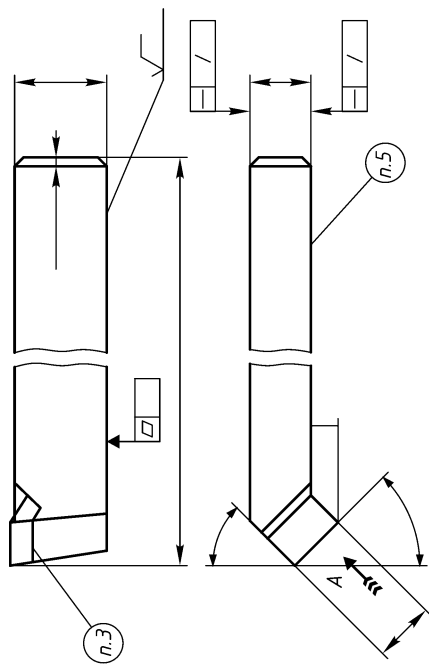
– для різця круглого перерізу:

$$P_{\text{max}} = \frac{\pi d^2 \sigma_{\text{доп}}}{32 l} \quad (4.7)$$

де d – діаметр оправки.

Приклад 4.5 (Перевірка різця на міцність).

Визначити найбільше навантаження, яке може витримати токарний різець прямокутного перерізу.



1. Матеріал державки різця – сталь 50 за ДСТУ 7809
2. Пластина різальна з твердого сплаву Т15К6 форми 2421 за ГОСТ 25409
3. В якості припою використовувати ПрМНМц 68-4-2 за ТУ 48-21-674-91. Шар припою повинен бути не більше 0,35мм.
4. ДСТУ ISO 2768 – ТК
5. Маркувати: товарний знак; марка твердого сплаву; позначення різця

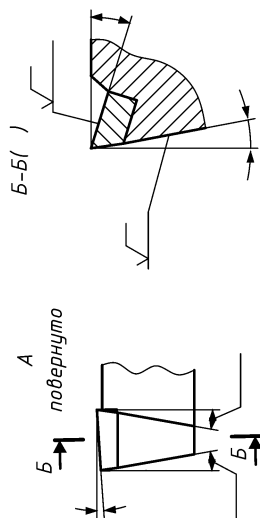


Рис. 4.8. Кресленник різця

Вихідний дані:

10×16 мм – переріз оправки токарного різця;

$\sigma_{\text{інстр}} = 225$ МПа – допустиме напруження $\sigma_{\text{інстр}}$ матеріалу оправки інструмента.

$l = 45$ мм – виліт оправки різця.

Рішення:

1. Допустиме навантаження

$$P_{\text{max}} = \frac{B H^2 \sigma_{\text{доп}}}{6 l} = \frac{10 \cdot 16^2 \cdot 225}{6 \cdot 45} = 2133 \text{ Н.} \quad (4.8)$$

2. Отже, проєктований різець може витримати навантаження не більше ніж 2133 Н (217 кГ).

Жорсткість різця

Вигін f різця під дією навантаження можливо визначити як

$$f = \frac{P_z l^3}{3 E J} \quad (4.9)$$

де P_z – складова P_z зусилля різання;

l – виліт різця відносно різцетримача;

E – модуль пружності матеріалу оправки 200000...220000 МПа;

J – момент інерції перерізу оправки.

Момент інерції J для оправки прямокутного перерізу

$$J = \frac{B H^2}{12}. \quad (4.10)$$

Момент інерції J для круглої оправки

$$J = 0,05 d^2. \quad (4.11)$$

Допустимий вигін f різця залежить від типу оброблення:

- $f_{\text{доп}} = 0,1$ мм для чорнового оброблення;
- $f_{\text{доп}} = 0,05$ мм для чистового оброблення.

Приклад 4.6 (Вигін різця).

Текст прикладу із завданням, того що необхідно зробити у прикладі.

Вихідний дані:

$P_z = 1200 \text{ Н}$	– складова зусилля різання;
$H = 25 \text{ мм}$	– висота оправки;
$B = 16 \text{ мм}$	– ширина оправки;
$E = 200000 \text{ МПа}$	– модуль пружності матеріалу оправки;
$l = 45 \text{ мм}$	– виліт вершини різця;

Рішення:

1. Момент інерції прямокутної оправки

$$J = \frac{B H^2}{12} = \frac{16 \cdot 25^2}{12} = 833 \text{ мм}^3.$$

2. Вигін вершини різця під дією зусилля різання

$$f = \frac{P_z l^3}{3 E J} = \frac{1200 \cdot 45^3}{3 \cdot 200000 \cdot 833} = 0,2 \text{ мм}.$$

3. Отже, вигін різця занадто великий, тому для оброблення деталі необхідно застосовувати інструмент з більшим перерізом. Наприклад $20 \times 32 \text{ мм}$. В такому випадку маємо.

- 3.1. Момент інерції прямокутної оправки

$$J = \frac{B H^2}{12} = \frac{20 \cdot 32^2}{12} = 1700 \text{ мм}^3.$$

- 3.2. Вигін вершини різця під дією зусилля різання

$$f = \frac{P_z l^3}{3 E J} = \frac{1200 \cdot 45^3}{3 \cdot 200000 \cdot 1700} = 0,1 \text{ мм}.$$

3.3. Отже, вигін $f = 0,1 \text{ мм}$ вершини різця перерізом $20 \times 32 \text{ мм}$ не перевищує допустимої величини.

4.1.3 Геометричні параметри

Геометричні параметри

Кути які визначають положення робочих поверхонь та різальних кромek різального інструмента у просторі.

Геометричні параметри в значній мірі впливають на процес утворення стружки, працездатність різального інструмента, продуктивність процесу оброблення та характеристики поверхневого шару обробленої поверхні.

Системи координат

Для визначення геометричних параметрів різальної частини інструмента стандартом ДСТУ 2249 “Оброблення різанням”, передбачається застосування трьох систем координат, а саме:

- інструментальної системи координат (ІСК);
- статичної системи координат (ССК);
- кінематичної системи координат (КСК).

Інструментальна система координат

Прямокутна система координат з початком на вершині леза інструмента, що орієнтована відносно геометричних елементів різального інструмента, які прийнято за базу.

Цю систему координат застосовують в процесі виготовлення інструмента та контролю його геометричних параметрів. Тобто у тому випадку, коли інструмент не встановлено на верстат.

Статична система координат

Прямокутна система координат з початком у заданій точці різальної кромки, яка орієнтована відносно напрямку швидкості головного руху різання.

Статичну систему координат використовують для налагодження інструмента на верстаті та розрахунку кутів різального інструмента. Статична система координат враховує всі рухи інструмента (деталі) окрім руху подачі.

Кінематична система координат

Прямокутна система координат з початком у заданій точці різальної кромки, яка орієнтована відносно напрямку швидкості результатного руху різання.

Кінематичну систему координат використовують для визначення зміни кутів різальної частини інструмента в процесі оброблення. Ця система враховує абсолютно всі кінематичні рухи інструмента та деталі.

Координатні площини

Для визначення геометричних параметрів різця в будь-якій системі координат, необхідно побудувати систему координатних площин (рис. 4.9), яка включає:

- основну площину – P_v ;
- площину різання – P_n ;
- січну площину – P_τ .

Основна площина різання P_v

Координатна площина, проведена через задану точку різальної кромки перпендикулярно до напрямку швидкості головного або результатного руху різання в цій точці (рис. 4.10).

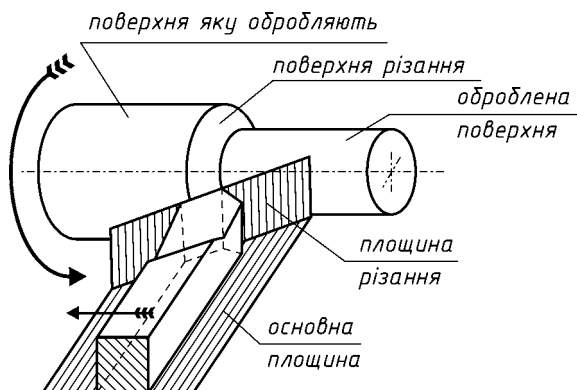


Рис. 4.9. Координатні площини при точінні

Площина різання P_n

Головна січна площина P_T

Не треба плутати головну січну площину з площиною перпендикулярною до різальної кромки.

Робоча площина P_s

Координатні площини проходять через досліджувану точку різальної кромки.

У залежності від системи координат, для якої проводяться наведені координатні площини, вони додатково позначаються індексами:

i – інструментальна система координат, наприклад P_{vi} ;

c – статична система координат, наприклад P_{vc} ;

k – кінематична система координат, наприклад P_{vk} .

Розташування координатних площин у різних системах координат представлено на рис. 4.11 та 4.12.

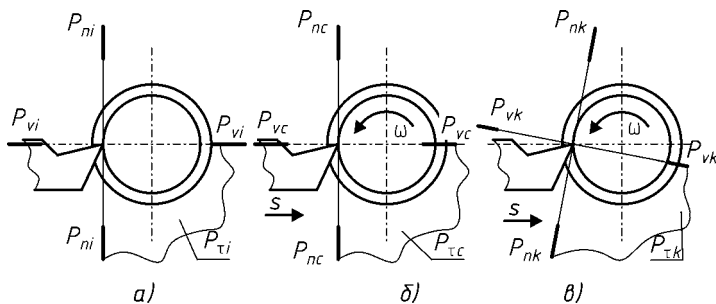


Рис. 4.11. Координатні площини відрізного різця

a – інструментальна система координат;

$б$ – статична система координат (подача не врахована);

$в$ – кінематична система координат (подача врахована).

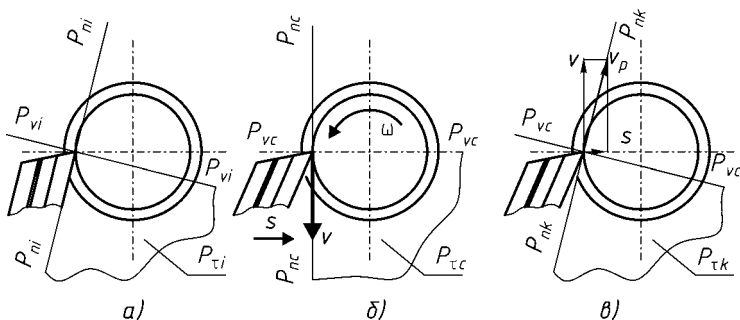


Рис. 4.12. Координатні площини фасонного різця

a – інструментальна система координат;

$б$ – статична система координат (подача не врахована);

$в$ – кінематична система координат (подача врахована).

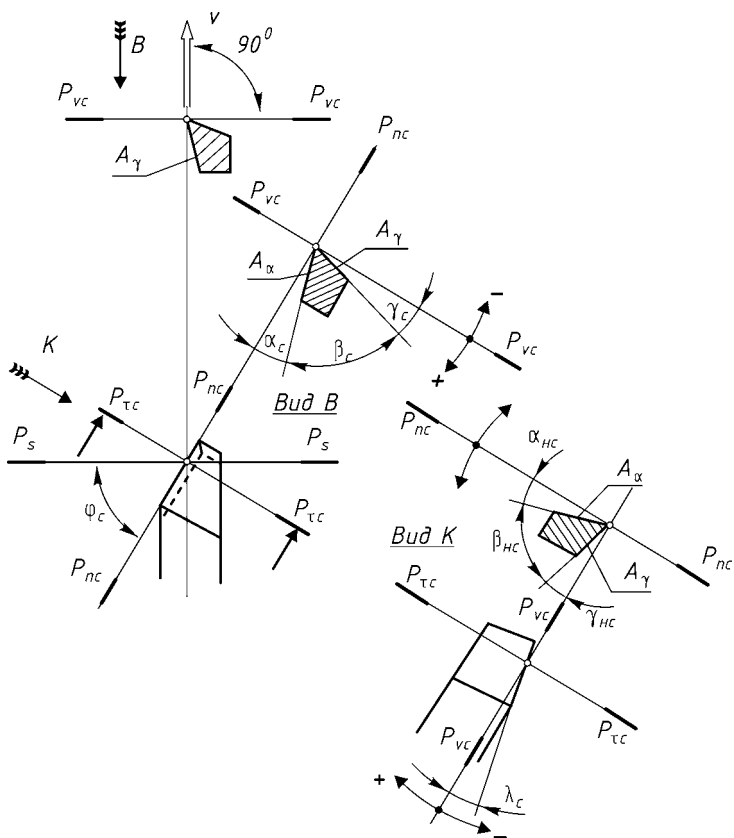


Рис. 4.13. Різець у статичній системі координат

За ДСТУ 2249-93 геометричні параметри токарного різця мають розташування за рис. 4.13).

Головний різальний кут γ

Кут у головній січній площині P_τ між передньою поверхнею леза A_γ і основною площиною P_v .

Головний задній кут α

Кут у головній січній площині P_τ між задньою поверхнею A_α і площиною різання P_n .

Кут різання δ

Вимірюють у головній січній площині P_τ між передньою поверхнею леза A_γ і площиною різання P_n .

Головний кут загострення β

Кут у головній січній площині P_τ між передньою A_γ і задньою A_α площинами леза різця.

Кут в плані φ

Кут, у основній площині P_v між площиною різання P_n і робочою площиною P_s .

Допоміжний кут у плані φ_1

Менший кут між проекцією допоміжної різальної кромки на основну площину і робочою площиною P_s .

Кут при вершині у плані ϵ

Кут між проекціями головної і допоміжної різальних кромки на основну площину.

Кут нахилу кромки λ

Кут у площині різання P_n між різальною кромкою і основною площиною P_v .

Кут λ нахилу головної різальним вважається додатнім, коли вершина різця є нижчою точкою різальної кромки і від'ємним, коли вершина різця є найвищою точкою різальної кромки (рис. 4.14).

Основні геометричні параметри токарного різця
представлені на рис. 4.15.

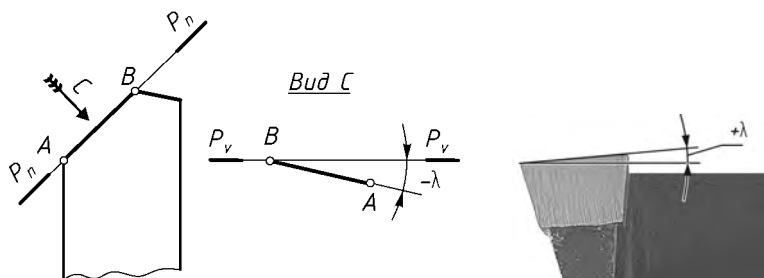


Рис. 4.14. Вимірювання кута нахилу різальної кромки

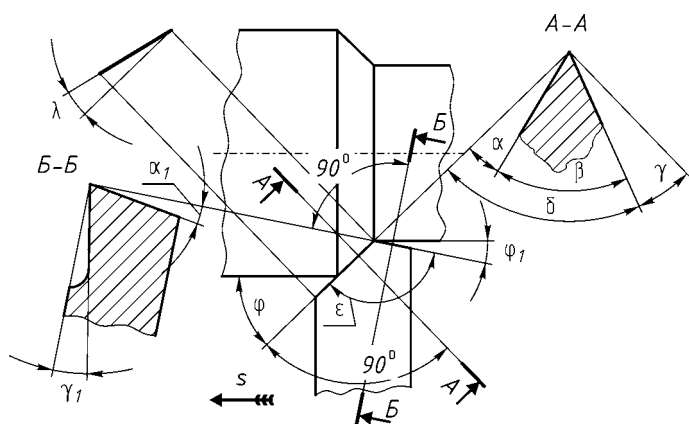


Рис. 4.15. Геометричні параметри різця

- α та α_1 – задні кути;
- γ та γ_1 – передні кути;
- φ та φ_1 – кути у плані;
- β – кут загострення;
- ϵ – кут при вершині;
- δ – кут різання;
- λ – кут нахилу головної різальної кромки;
- s – напрямок подачі.

Головний кут у плані

Величини головного кута у плані ϕ приймають залежно від умов оброблення:

- 10...30° – оброблення деталей в умовах підвищеної жорсткості устаткування та незначної глибини різання.
- 45° – оброблення деталей в умовах достатньої жорсткості устаткування (найбільш поширений випадок).
- 60...75° – оброблення з ударами та недостатньої жорсткості устаткування.
- 80...90° – оброблення довгих не жорстких деталей.

Передній кут

Зазвичай величину переднього кута γ токарного різця приймають за наступними рекомендаціями

Матеріал	γ°
сталь конструкційна	15
чавун сірий	12
мідні та алюмінієві сплави	25

Задній кут

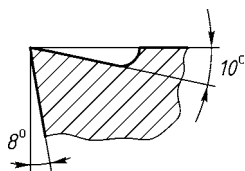
Задній кут α токарного різця доцільно приймати таким

Матеріал	α°
сталь конструкційна	8
чавун сірий	6
мідні та алюмінієві сплави	12

Зауваження. Зазвичай величина заднього кута токарного різця складає половину від величини переднього кута.

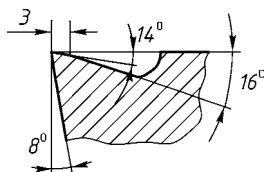
Форма передньої поверхні

Форма передньої поверхні різців і геометричні параметри призначаються залежно від властивостей оброблюваного матеріалу за рис. 4.16.



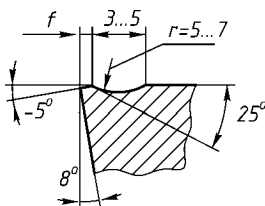
оброблення деталей:

- сталі $\sigma_B > 800$ МПа;
- сірий чавун $HB > 220$;
- бронза.



оброблення деталей:

- сталі $\sigma_B < 800$ МПа;
- сірий чавун $HB < 220$.



оброблення деталей:

- сталі $\sigma_B < 800$ МПа;
- мідні та алюмінієві сплави.

$$f = \left(\frac{2}{3} \dots 1 \right) s,$$

s – подача мм/об.

Рис. 4.16. Форма передньої поверхні різців

Твердосплавні різці найбільш поширені в промисловості, оскільки забезпечують збільшення швидкості і продуктивності обробки. Можуть бути цілісними, з припаяними стандартними пластинами або з механічним кріпленням пластин, в цьому випадку пластини зазвичай багатогранні.

Велике розповсюдження мають різці з багатограними непереточуваними пластинами які мають наступні переваги:

- міцність леза, непошкодженого напаяванням;
- довговічність корпусу (державки) різця;
- економія матеріалу державки і витрат на її виготовлення;
- відсутність витрат на переточування різців;
- наявність на пластині елементів подрібнення стружки.

У той же час у одиничному та малосерійному виробництві широке застосування мають різці з напайними різальними елементами, як такі що можуть мати спеціальну форму та геометричні параметри.

4.2 Фасонні різці

Фасонним називають різець, головна різальна кромка якого має форму, визначувана формою профілю деталі (рис. 4.17).

Фасонний різець

Спеціальний інструмент, форма різальних кромок якого визначається формою профілю виробу.

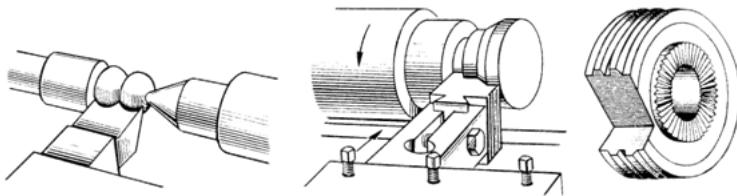


Рис. 4.17. Фасонні різці

Фасонні різці застосовують для обробки порівняно невеликих фасонних поверхонь (шириною до 40...60 мм) при роботі з поперечною подачею. Застосовують фасонні різці для оброблення деталей типу тіл обертання (на токарних верстатах).

Переваги фасонних різців над звичайними:

- однорідність профілю і точність розмірів оброблюваної деталі;
- висока продуктивність обробки;
- тривалість експлуатації (велика кількість проміжних переточувань, до 200...300 разів);
- не вимагають високої кваліфікації робочого для обробки складних фасонних деталей.

Фасонні різці широко використовуються у великосерійному і масовому виробництві, не дивлячись на складність у виготовленні та відносно високу вартість.

Фасонні різці забезпечують високу продуктивність, однорідність форми профілю і точність розмірів оброблюваних деталей. Основною перевагою фасонних різців перед верстатами з програмним керуванням, є значно нижча вартість та простота обслуговування.

Зауваження. Існує хибна дїмка (яку інтенсивно поширюють верстатобудівники), що у вік верстатів з числовим керуванням фасонні різці застарїли морально. Це зовсім не так. Вісь сучасний різьбоутворювальний інструмент – це різновиди фасонних різців¹⁰.

4.2.1 Геометрія фасонних різців

Особливістю фасонних різців є те, що як задній кут α так і передній кут γ в процесі різання утворюється за рахунок спеціальної установки різця на верстаті.

Передній кут

Передній кут γ як для круглого (рис. 4.18) так і для призматичного (рис. 4.19) фасонного різця вибирають залежно від оброблюваного матеріалу в межах від 0° до 25° . Чим менше твердість оброблюваного матеріалу, тим більше передній кут γ

Матеріал	γ°
сталь конструкційна	15
чавун сірий	12
мідні та алюмінієві сплави	25

Задній кут

Для круглого фасонного різця задній кут α утворюється за рахунок встановлення осі O_p різця вище осі деталі O_d на величину h_p (рис. 4.18)

$$h_p = R_o \sin \alpha \quad (4.12)$$

де R_o – найбільший (габаритний) радіус круглого фасонного різця;

¹⁰Є ще декілька цікавих моментів.

1. Верстат з ЧПК коштує десь біля пів-мільйона євро. А фасонний різець коштує всього 100...200 євро.

2. Верстат з ЧПК потребує дбайливого догляду (досить недешевого), а фасонний різець, після його використання, можна покласти на полицю і не турбуватись.

3. Вся сучасна деревообробна промисловість використовує тільки фасонні різці, бо верстат з ЧПК не здатний забезпечити потрібну чистоту поверхні – звичайний різець ЗАВЖДИ залишає слід від своєї вершини.

α – розрахунковий (призначений) задній кут круглого фасонного різця.

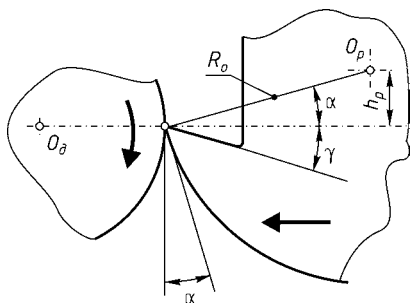


Рис. 4.18. Куты круглого фасонного різця

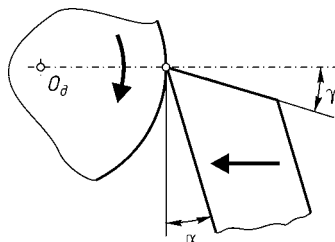


Рис. 4.19. Куты призматичного фасонного різця

Збільшення заднього кута може привести до ослаблення різальної кромки, що небезпечно (особливо для круглого різця). Тому задній кут приймають:

- для круглих різців в межах $\alpha = 10...15^\circ$;
- для призматичних в межах $\alpha = 12...17^\circ$.

Вказані значення переднього і заднього кутів відносяться тільки до зовнішніх точок профілю. З віддаленням точок профілю різця від осі оброблюваної деталі (вершини різця) задній кут збільшується, а передній – зменшується.

На величину переднього і, що особливо важливе, заднього кута впливає нахил різальної кромки відносно осі оброблюваної деталі.

Якщо уявити, що різальна кромка нахилена до лінії, перпендикулярної осі оброблюваної деталі під кутом φ , то можна визначити задній кут α_N у точці M різальної кромки кромки за формулою

$$\operatorname{tg} \alpha_N = \operatorname{tg} \alpha_{\text{top}} \sin \varphi \quad (4.13)$$

де α_N – задній кут у площині перпендикулярній до різальної кромки у розрахунковій точці;

α_{top} – задній кут у площині перпендикулярній до осі деталі;

φ – кут нахилу дотичної до різальної кромки у розрахунковій точці.

Приклад 4.7 (Задній кут α_N).

Визначити величину заднього кута α_N у площині перпендикулярній до різальної кромки.

Вихідний дані:

$\alpha_{\text{тор}} = 8^\circ$ – задній кут у площині перпендикулярній до осі обертання деталі;

$\varphi = 15^\circ$ – кут між дотичною до різальної кромки та торцевою площиною, що є перпендикулярна до осі обертання деталі.

Рішення:

1. За формулою (4.13) маємо

$$\operatorname{tg} \alpha_N = \operatorname{tg} \alpha_{\text{тор}} \sin \varphi = \operatorname{tg} 8^\circ \sin 15^\circ = 0,03637$$

2. Звідки маємо $\alpha_N = 2^\circ 3'$.

4.2.2 Конструктивні елементи фасонних різців

Основними конструктивними елементами призматичного фасонного різця є ширина різця, товщина, висота, вузол кріплення і розміри профілю.

Основні конструктивні елементи круглого фасонного різця - діаметр різця, діаметр отвору, довжина різця, розміри виїмки для стружки, вузол кріплення і всі елементи профілю.

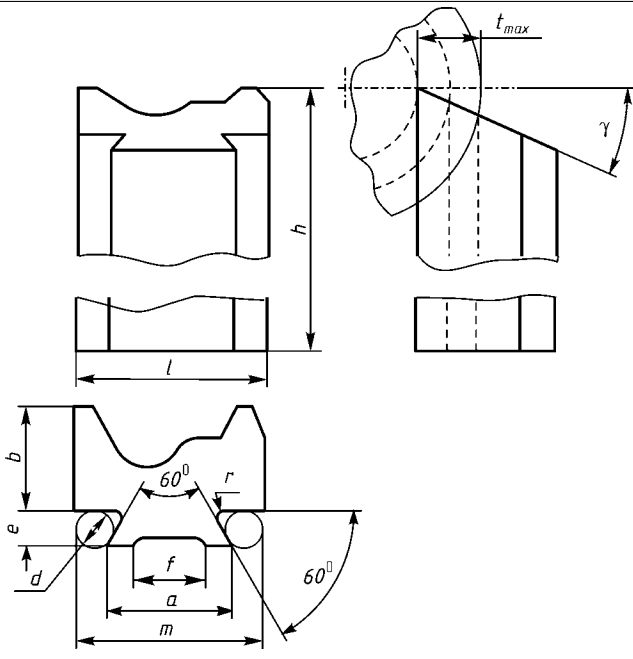
Всі конструктивні елементи фасонних різців за винятком елементів профілю вибираються конструктивно з довідкових матеріалів залежно від максимальної висоти фасонного профілю деталі.

Призматичні різці

Кріплення призматичного фасонного різця (табл. 4.1) на верстаті здійснюється за допомогою державки (рис. 4.20), в якій різець встановлюється під певним кутом, рівним задньому куту різця і закріплюється за допомогою вузла кріплення, званого "ластівчин хвіст", від переміщення в державці під дією сил різання різець утримується силами тертя.

Призматичні різці мають більшу жорсткість кріплення, можуть бути оснащені твердим сплавом, але забезпечують відносно малу кількість переточувань.

Табл. 4.1. Різці фасонні призматичні, мм



t_{max}	b	h	e	a	f	r	d	m
4	9	75	4	15	7	0,5	4	21,31
6	14	75	6	20	10	0,5	6	29,46
10	19	75	6	25	15	0,5	6	34,346
14	25	90	10	30	20	1,0	10	45,77
20	35	90	10	40	25	1,0	10	55,77
28	45	100	15	50	30	1,0	15	83,66

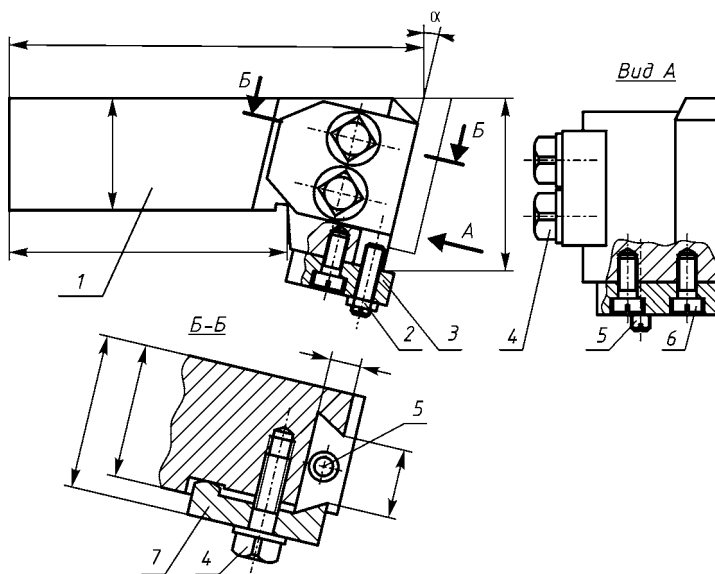
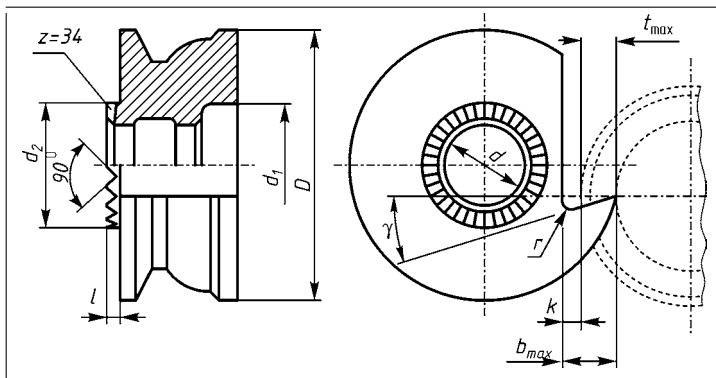


Рис. 4.20. Кріплення призматичного різця:

- 1 – корпус оправки;
- 2 – контргайка;
- 3 – опорна планка;
- 4 – кріпильний гвинт;
- 5 – гвинт регулювання висоти різця;
- 6 – гвинт кріплення опорної пластини;
- 7 – планка “ластівчиного хвоста”.

Табл. 4.2. Дисковий різець з рифленнями, мм



t_{max}	D	d	d_1	b_{max}	k	r	d_2	l
4	30	10	16	7	3	1	—	—
6	40	13	20	10	3	1	20	3
8	50	16	25	12	4	1	26	3
10	60	16	25	14	4	2	32	3
12	70	22	34	17	5	2	35	4
15	80	22	34	20	5	2	40	4
18	90	22	34	23	5	2	45	5
21	100	27	40	23	5	2	50	5

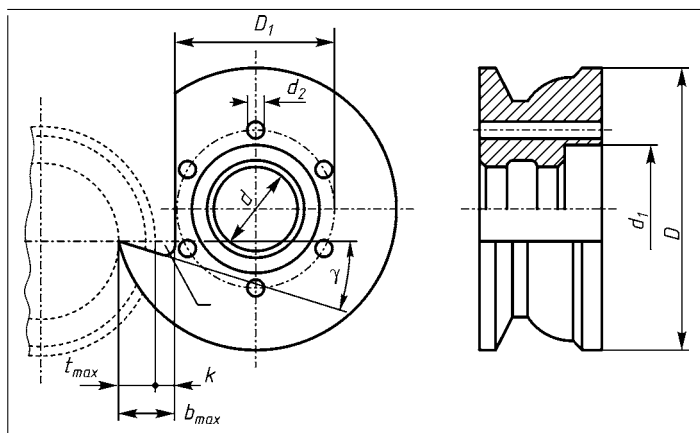
Круглі різці

Круглий фасонний різець (табл. 4.2 або 4.3) встановлюється і закріплюється на верстаті за допомогою державки (рис. 4.21 або 4.22), конструкція якої передбачає установку осі різця вище за вісь оброблюваної деталі на величину, відповідну задньому куту різця.

Для запобігання повертання різця під дією сили різання, різець має радіальні рифлення на торці. Такі ж рифлення є на торці державки. Інколи замість рифлень застосовують штифт, що входить в отвори на торцях різця і державки.

Круглі (дискові) різці мають меншу жорсткість кріплення, не можуть бути оснащені твердим сплавом, але забезпечують відносно велику кількість переточуваль.

Табл. 4.3. Круглий різець штифтовий, мм



t_{max}	D	d	d_1	b_{max}	k	r	D_1	d_2
6	50	13	20	9	3	1	28	5
8	60	16	25	11	3	2	34	5
11	75	22	34	15	4	2	42	5
14	90	22	34	18	4	2	45	6
18	105	27	40	23	5	2	52	8
25	125	27	40	30	5	3	55	8

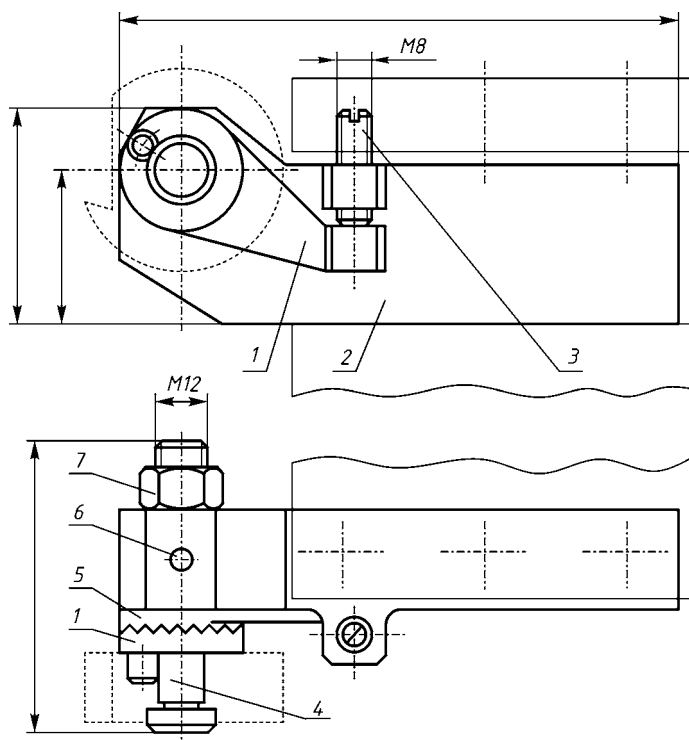


Рис. 4.21. Кріплення круглого різця:

- 1 – регулювальний сектор;
- 2 – оправка різцетримача;
- 3 – регулювальний гвинт;
- 4 – опорний болт;
- 5 – регулювальний сектор;
- 6 – штифт;
- 7 – затискна гайка.

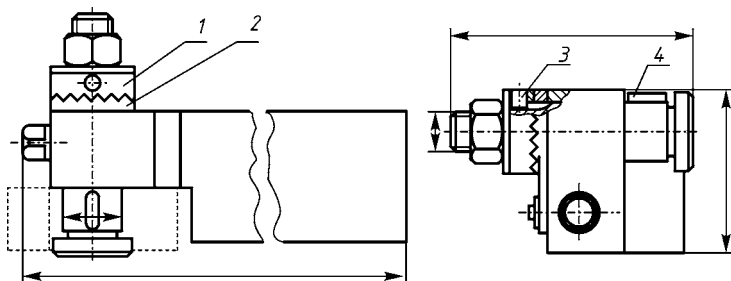


Рис. 4.22. Спрощене кріплення круглого різця:

- 1 – регулювальне кільце з рифленнями;
- 2 – радіальне рифлення на оправці;
- 3 – штифт;
- 4 – шпонка.

4.2.3 Профілювання фасонних різців

Найбільш складною частиною при розрахунку і конструюванні фасонних різців є визначення фасонного профілю різальної частини.

Профіль фасонного різця не збігається з профілем оброблюваної деталі.

Тому для виготовлення фасонного різця необхідно визначити розміри його профілю.

Для правильного виготовлення різця необхідно знати розміри профілю в двох характерних площинах:

- у передній площині;
- і в площині, нормальній до задньої поверхні.

Вибір цих площин обумовлений технологічними обставинами:

- у площині передньої грані різця зручно проводити контроль профілю;
- а розмірам профілю різця в нормальному перетині до задньої грані повинні відповідати розміри профілю інструмента другого порядку, тобто інструмента для чистової обробки цього різця.

Зазвичай інструментом, що обробляє фасонний різець є шліфувальний круг з розмірами профілю в осьовому перетині, які збігаються з розмірам профілю різця в перетині, нормальному до його задньої поверхні.

Розрахунок профілю або профілювання фасонного різця можна виконати графічно або аналітично, Як основний використовується аналітичний (розрахунковий) метод, оскільки він забезпечує високау точність розрахунку – до 0,001 мм.

Аналітичний розрахунок фасонних різців спрощується за рахунок того, що осьові розміри (уздовж осі оброблюваної деталі) у різця такі ж, як у деталі, і розрахунок зводиться до визначення тільки радіальних (по відношенню до деталі) розмірів профілю різальної кромки (або, як їх зазвичай називають, висот профілю різця).

Досить розглянути розрахунок для однієї точки профілю різця, для інших точок, що визначають конфігурацію профілю і тому званих "вузловими", принцип розрахунку буде той же, зміняться лише початкові параметри для розрахунку, тобто розмір відповідної ділянки профілю деталі.

Круглий фасонний різець

Розрахункова схема для розрахунку профілю круглого фасонного різця наведена на рис. (4.23).

Необхідно визначити:

- "висоту" $t_{\text{пер}}$ профілю у передній площині різця;
- величину радіуса R_M різця у відповідній розрахунковій точці.

Краще за все розглянути методику та послідовність розрахунків на прикладі.

Приклад 4.8 (Висота профілю круглого різця).

Розрахувати висоту $t_{\text{пер}}$ профілю різальної кромки круглого фасонного різця у його передній поверхні (рис. 4.23).

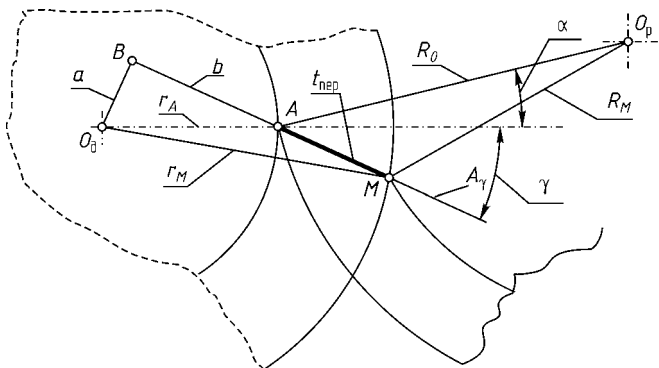


Рис. 4.23. Профілювання круглого фасонного різця

Вихідний дані:

$R_o = 53 \text{ мм}$ – радіус різця у вершинній точці (габаритний радіус);

$r_A = 20 \text{ мм}$ – найменший радіус профілю деталі;

$R_M = 25 \text{ мм}$ – радіус деталі у розрахунковій точці M профілю;

$\gamma = 16^\circ$ – передній кут різця;

$\alpha = 8^\circ$ – задній кут різця

Рішення:

1. Висота профілю круглого фасонного різця за рис. 4.23

$$\begin{aligned}
 t_{\text{пер}} &= \sqrt{r_M^2 - (r_A \sin \gamma)^2} - r_A \cos \gamma = \\
 &= \sqrt{25^2 - (20 \sin 16^\circ)^2} - 20 \cos 16^\circ = \\
 &= \sqrt{594,61} - 19,23 = 5,15 \text{ мм.}
 \end{aligned} \tag{4.14}$$

2. Отже, за розрахунками “висота” профілю різця для даної розрахункової точки M становить 5,15 мм.

3. Для інших точок фасонного профілю деталі виконуємо розрахунки за наведеною послідовністю.

Приклад 4.9 (Радіус круглого різця).

Розрахувати величину радіусу R_M круглого фасонного різця для довільної розрахункової точки профілю деталі за наступними параметрами (рис. 4.23).

Вихідний дані:

$R_o = 53$ мм – радіус різця у вершинній точці (габаритний радіус);

$r_A = 20$ мм – найменший радіус профілю деталі;

$R_M = 25$ мм – радіус деталі у розрахунковій точці M профілю;

$\gamma = 16^\circ$ – передній кут різця;

$\alpha = 8^\circ$ – задній кут різця

Рішення:

1. Висота профілю круглого фасонного різця за результатами розрахунків наведених у прикладі 4.8 становить

$$t_{\text{пер}} = 5,15 \text{ мм.}$$

2. За теоремою косинусів маємо

$$\begin{aligned} R_M^2 &= R_o^2 + t_{\text{пер}}^2 - 2R_o t_{\text{пер}} \cos(\alpha + \gamma) = \\ &= 53^2 + 5,15^2 - 2 \cdot 53 \cdot 5,15 \cos(16^\circ + 8^\circ) = \\ &= 2336,82 \text{ мм}^2. \end{aligned} \quad (4.15)$$

3. Звідки маємо

$$R_M = \sqrt{R_M^2} = \sqrt{2336,82} = 48,34 \text{ мм.}$$

4. Для інших точок фасонного профілю деталі виконуємо розрахунки за наведеною послідовністю.

Призматичні фасонні різці

Розрахункова схема для розрахунку профілю призматичного фасонного різця наведена на рис. (4.24).

Необхідно визначити:

- “висоту” $t_{\text{пер}}$ профілю у передній площині різця;
- величину радіуса R_M різця у відповідній розрахунковій точці.

Краще за все розглянути методику та послідовність розрахунків на прикладі.

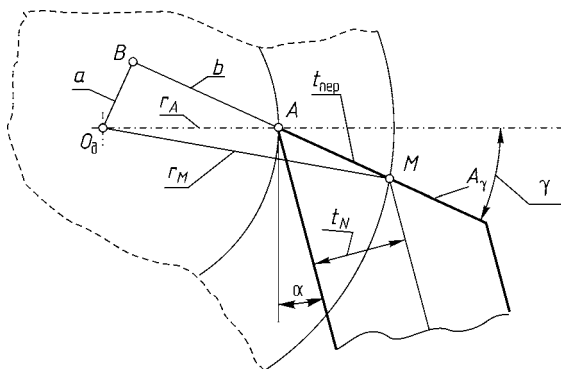


Рис. 4.24. Профілювання призматичного фасонного різця

Приклад 4.10 (Висота профілю призматичного фасонного різця).

Розрахувати висоту $t_{\text{пер}}$ профілю призматичного фасонного різця у його передній поверхні (рис. 4.24).

Вихідний дані:

$r_A = 20$ мм – найменший радіус профілю деталі в базовій точці A ;

$R_M = 25$ мм – радіус деталі у розрахунковій точці M профілю;

$\gamma = 16^\circ$ – передній кут різця;

$\alpha = 8^\circ$ – задній кут різця

Рішення:

1. Висота профілю призматичного фасонного різця за рис. 4.24

$$\begin{aligned} t_{\text{пер}} &= \sqrt{r_M^2 - (r_A \sin \gamma)^2} - r_A \cos \gamma = \\ &= \sqrt{25^2 - (20 \sin 16^\circ)^2} - 20 \cos 16^\circ = \\ &= \sqrt{594,61} - 19,23 = 5,15 \text{ мм.} \end{aligned} \quad (4.16)$$

2. Отже, за розрахунками “висота” профілю різця для даної розрахункової точки M становить 5,15 мм.

3. Для інших точок фасонного профілю деталі виконуємо розрахунки за наведеною послідовністю.

Приклад 4.11 (Профіль призматичного фасонного різця).

Розрахувати висоту t_N профілю призматичного фасонного різця у площині перпендикулярній до його задній поверхні(рис. 4.24).

Вихідний дані:

$r_A = 20$ мм – найменший радіус профілю деталі в базовій точці A ;

$R_M = 25$ мм – радіус деталі у розрахунковій точці M профілю;

$\gamma = 16^\circ$ – передній кут різця;

$\alpha = 8^\circ$ – задній кут різця

Рішення:

1. Висота профілю призматичного фасонного різця за розрахунками прикладу 4.10 становить

$$t_{\text{пер}} = 5,15 \text{ мм.}$$

2. Висоту профілю t_N призматичного різця можливо розрахувати за формулою

$$\begin{aligned} t_N &= t_{\text{пер}} \cos(\alpha + \gamma) = 5,15 \cos(16^\circ + 8^\circ) = \\ &= 5,15 \cdot 0,9135 = 4,70 \text{ мм.} \end{aligned} \quad (4.17)$$

3. Для інших точок фасонного профілю деталі виконуємо розрахунки за наведеною послідовністю.

4.3 Стандарти на різці

ГОСТ 10047	Резцы из быстрорежущей стали. Технические условия
ГОСТ 10044	Резцы расточные державочные из быстрорежущей стали. Конструкция и размеры
ГОСТ 9795	Резцы расточные державочные с пластинами из твердого сплава. Конструкция и размеры
ГОСТ 26612	Резцы расточные с креплением сменных пластин прихватом сверху. Конструкция и размеры
ГОСТ 25987	Резцы расточные с твердосплавными пластинами с цилиндрическим хвостовиком для координатно-расточных станков. Типы и основные размеры
ГОСТ 28101	Резцы расточные со сменными режущими пластинами. Типы и основные размеры
ГОСТ 18063	Резцы расточные цельные твердосплавные со стальным хвостовиком для глухих отверстий. Конструкция и размеры
ГОСТ 18062	Резцы расточные цельные твердосплавные со стальным хвостовиком для сквозных отверстий. Конструкция и размеры
ГОСТ 18064	Резцы расточные цельные твердосплавные со стальным хвостовиком. Технические условия
ГОСТ 5688	Резцы с твердосплавными пластинами. Технические условия
ГОСТ 18884	Резцы токарные отрезные с пластинами из твердого сплава. Конструкция и размеры
ГОСТ 28978	Резцы токарные пластинчатые сборные прорезные и отрезные. Типы и основные размеры
ГОСТ 18880	Резцы токарные подрезные отогнутые с пластинами из твердого сплава. Конструкция и размеры
ГОСТ 18871	Резцы токарные подрезные торцовые с пластинками из быстрорежущей стали. Конструкция и размеры
ГОСТ 18874	Резцы токарные прорезные и отрезные из быстрорежущей стали. Конструкция и размеры

ГОСТ 28980	Резцы токарные проходные и подрезные со сменными режущими пластинами из сверхтвердых материалов. Типы и основные размеры
ГОСТ 18868	Резцы токарные проходные отогнутые с пластинами из быстрорежущей стали. Конструкция и размеры
ГОСТ 18877	Резцы токарные проходные отогнутые с пластинами из твердого сплава. Конструкция и размеры
ГОСТ 18869	Резцы токарные проходные прямые из быстрорежущей стали. Конструкция и размеры
ГОСТ 18878	Резцы токарные проходные прямые с пластинами из твердого сплава. Конструкция и размеры
ГОСТ 18870	Резцы токарные проходные упорные из быстрорежущей стали. Конструкция и размеры
ГОСТ 18879	Резцы токарные проходные упорные с пластинами из твердого сплава. Конструкция и размеры
ГОСТ 26611	Резцы токарные проходные, подрезные и копировальные с креплением сменных пластин прихватом сверху. Конструкция и размеры
ГОСТ 29132	Резцы токарные проходные, подрезные и копировальные со сменными многогранными пластинами. Типы и размеры
ГОСТ 18873	Резцы токарные расточные из быстрорежущей стали для обработки глухих отверстий. Конструкция и размеры
ГОСТ 18872	Резцы токарные расточные из быстрорежущей стали для обработки сквозных отверстий. Конструкция и размеры
ГОСТ 18883	Резцы токарные расточные с пластинами из твердого сплава для обработки глухих отверстий. Конструкция и размеры
ГОСТ 18882	Резцы токарные расточные с пластинами из твердого сплава для обработки сквозных отверстий. Конструкция и размеры
ГОСТ 50026	Резцы токарные расточные с твердосплавными пластинами. Типы и размеры

ГОСТ 28981	Резцы токарные расточные со сменными режущими пластинами из сверхтвердых материалов. Типы и основные размеры
ГОСТ 18885	Резцы токарные резбовые с пластинами из твердого сплава. Конструкция и размеры
ГОСТ 18876	Резцы токарные резбовые с пластинками из быстрорежущей стали. Конструкция и размеры
ГОСТ 26613	Резцы токарные с механическим креплением сменных многогранных пластин. Технические условия
ГОСТ 24996	Резцы токарные с механическим креплением сменных пластин, закрепляемых качающимся штифтом. Типы и основные размеры
ГОСТ 20872	Резцы токарные сборные для контурного точения с механическим креплением многогранных твердосплавных пластин. Конструкция и размеры
ГОСТ 20874	Резцы токарные сборные расточные с механическим креплением многогранных твердосплавных пластин. Конструкция и размеры
ГОСТ 50300	Резцы токарные со сменными режущими пластинами из сверхтвердых материалов. Технические условия
ГОСТ 18875	Резцы токарные фасочные из быстрорежущей стали. Конструкция и размеры
ГОСТ 18881	Резцы токарные чистовые широкие с пластинами из твердого сплава. Конструкция и размеры

Список літератури

1. Солодкий В.І. Різальний інструмента. Лабораторний практикум. // В.І. Солодкий, О. А. Плівак // Київ : КПП ім. Ігоря Сікорського, 2018. – С. 57–86.
2. Солодкий В. І. Основи формоутворення поверхонь різанням / В.І. Солодкий, Д. О. Красновид, О. А. Плівак. – Київ: КПП ім. Ігоря Сікорського, 2019. – С. 150–197.
3. Родин П.Р. Металлорежущие инструменты. // П. Р. Родин. – Киев "Вища школа", 1974. – 400 с.
4. ГОСТ 25762 Обработка резанием. Термины, определения и обозначения.
5. ДСТУ 2249. Оброблення різанням. Терміни, визначення та позначення : Обработка резанием. Термины, определения и обозначения : чинний від 1995-01-01. Офіц. вид. Київ. : Держстандарт України, 1994. – 63с.
6. ГОСТ 5688 Резцы с твердосплавными пластинами. Технические условия.
7. ГОСТ 10047 Резцы из быстрорежущей стали. Технические условия.
8. ГОСТ 18868 Резцы токарные проходные отогнутые с пластинами из быстрорежущей стали. Конструкция и размеры.
9. ГОСТ 18877 Резцы токарные проходные отогнутые с пластинами из твердого сплава. Конструкция и размеры.
10. ГОСТ 26611 Резцы токарные проходные, подрезные и копировальные с креплением сменных пластин прихватом сверху. Конструкция и размеры.
11. ГОСТ 29132 Резцы токарные проходные, подрезные и копировальные со сменными многогранными пластинами. Типы и размеры.

5 ПРОТЯЖКИ

Протяжка

Багатолезовий інструмент, що має послідовно розташовані леза, діаметральний розмір яких поступово збільшується.

Протяжка призначена для оброблення деталі при поступальному головному русі інструмента за відсутності руху подачі (рис. 5.1).

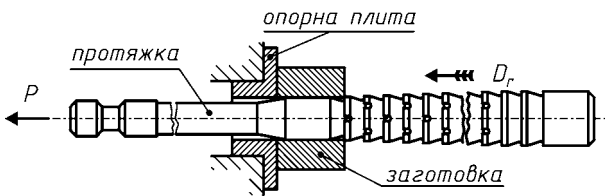


Рис. 5.1. Протяжка

5.1 Принцип роботи

Принцип роботи протяжки такий. Спочатку заготовку надівають на передню напрямну протяжки та притискають до опорної плити верстата (рис. 5.1). Під час робочого ходу D_r зуби протяжки зрізують припуск на обробку формують отвір (рис. 5.2).

Протяжка має два основні типи зубів (рис. 5.2):

- різальні 1 (чорнові та чистові);
- калібрувальні 2 (інколи називають зачистними).

Різальні зуби

Зубці, які зрізують основний припуск на оброблення. Кожен різальний зуб зрізує шар матеріалу товщиною S_z

Подача на зуб

Величина S_z називається “подача на зуб” (рис. 5.2).

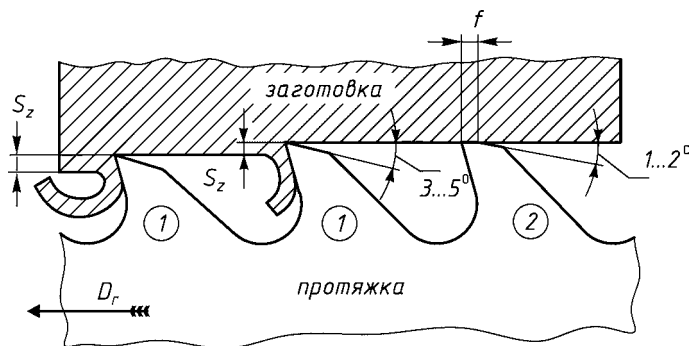


Рис. 5.2. Принцип роботи протяжки

Кожен різальний зуб протяжки вище попереднього зубця на величину подачі на зуб S_z . Кількість різальних зубів може досягати кількох десятків (більше сотні).

Калібрувальні зубці

Єдине призначення калібрувальних зубів – забезпечити незмінним розмір протяжки після її переточування.

Калібрувальні зубці нічого не зрізують і не калібрують.

Всі калібрувальні зуби мають однаковий розмір і відповідно величина подачі S_z для калібрувальних зубів дорівнює нулю. Кількість калібрувальних зубів невелика, в межах 3...6.

5.1.1 Конструктивні елементи

Конструкція протяжки обумовлена наявною кінематичною схемою оброблення – при протягуванні існує тільки головний рух різання D_r . Ніякого руху подачі протяжка не має. Функцію руху подачі виконує “подача на зуб” S_z .

Отже, безперервність врізання зубів інструмента в матеріал заготовки (тобто функції подачі) закладені в самій конструкції протяжки (рис. 5.3).

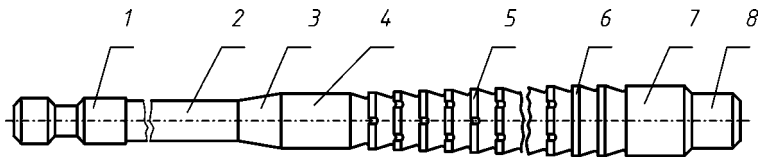


Рис. 5.3. Елементи протяжки

- 1 – хвостовик передній (поєднується з верстатом);
- 2 – шийка;
- 3 – напрямний конус;
- 4 – передня напрямна;
- 5 – різальні зубці;
- 6 – калібрувальні зубці;
- 7 – задня напрямна;
- 8 – хвостовик задній.

Хвостовик передній

Елемент інструмента призначений для з'єднання протяжки з верстатом (через патрон).

Форма та розміри переднього хвостовика залежать від конструкції патрону та в загальному випадку повинні бути такими, щоб протяжка пройшла в отвір заготовки.

Шийка

Елемент інструмента призначений для поєднання хвостовика та безпосередньо протяжки.

Довжина шийки залежить від розмірів заготовки та конструкції верстата.

Напрямний конус

Елемент інструмента призначений для спрямування протяжки в отворі заготовки.

Наявність перехідного прямого конуса полегшує установку заготовки на протяжці. Зазвичай довжина прямого конуса 20...30

мм. Якщо протяжка зварна, то місце зварного шва розташовують на цьому конусі.

Передня напрямна

Передня напрямна направляє (центрує) заготовку відносно протяжки.

Наприклад, заготовка вже має попередньо утворені пази, тоді передня напрямна так “направляє” протяжку, щоб її профіль збігався з профілем заготовки.

Довжина передньої напрямної дорівнює довжині отвору в заготовці. При великій довжині заготовки передня напрямна скорочується до 0,6...0,7 довжини оброблюваної поверхні (отвору, що підлягає протягуванню).

Різальні зубці

Різальні зубці (чорнові та чистові) видаляють припуск на оброблення. Їх кількість залежить від величини припуску та підйому S_z на зуб.

Висота (радіус) кожного наступного зуба різальної частини протяжки більше величини попереднього на величину подачі на зуб S_z . Величину подачі на зуб приймають залежно від оброблюваного матеріалу:

сталь конструкційна	0,05...0,20 мм
чавун сірий	0,06...0,12 мм
кольорові сплави	0,03...0,20 мм

Кількість різальних зубів Z різальної частини визначають із співвідношення $Z = h/S_z$, де h – припуск на оброблення.

Зауваження. Остаточний розмір і форму деталі надає останній зуб різальної частини протяжки.

Калібрувальні зубці

Основне і єдине призначення калібрувальних зубців – забезпечити постійним (незмінним) діаметральний розмір протяжки після її переточування

Калібрувальні зубці нічого не калібрують. Остаточний розмір обробленого отвору утворює останній різальний зубець.

На калібрувальній частині розташовують 3...6 калібрувальні зубця. Всі калібрувальні зубці мають однаковий розмір та форму. По мірі переточування протяжки всі її зуби зменшуються в розмірі. Саме калібруючи зубці компенсують це зменшення.

Задня напрямна

Задня напрямна призначена для спрямування деталі відносно протяжки в кінці процесу оброблення отвору.

Щоб запобігти можливому перекосу деталі відносно протяжки, в момент сходу обробленої деталі з останнього зубу протяжки, утворюють задню напрямну. Задня напрямна повторює форму та розміри готового виробу, але не має ніяких зубців.

Хвостовик задній

Для автоматизації утриманні протяжки в робочих органах верстата на протяжці виконують задній хвостовик. Робочі (виконавчі) органи верстату утримують протяжку саме за цей хвостовик.

5.1.2 Схеми різання

Існує три схеми видалення припуску протяжкою (рис. 5.4):

- профільна схема (одинарного різання);
- генераторна схема (одинарного різання);
- групова схема (змінного різання).

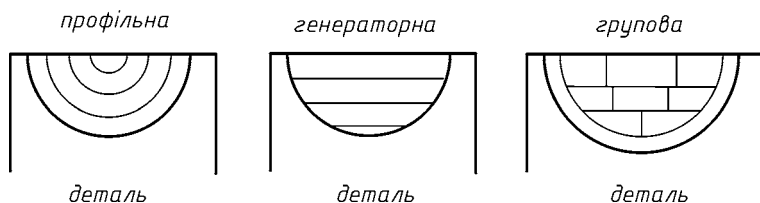


Рис. 5.4. Схеми різання

Профільна схема

Ознакою профільної схеми різання є збіг між формою обробленого отвору та різальними зубами (рис. 5.4).

Кожний зуб протяжки повторює форму готового отвору, але має свій розмір, який поступово збільшується (на величину подачі на зуб S_z) від початку до кінця інструмента.

Для того, щоб розділити стружку на окремі частини на всіх різальних зубцях виконують канавки з шаховим розташуванням (рис. 5.5).

Недоліком профільної схеми різання є відносно велика загальна довжина інструмента¹¹.

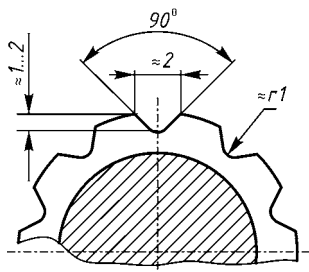


Рис. 5.5. Розділення стружки канавками

Генераторна схема

Генераторна схема різання “генерує” профіль деталі окремо кожним зубцем протяжки (рис. 5.4). Виготовити таку протяжку технологічно значно легше ніж профільну.

У протяжки, виготовленої за генераторною схемою різання, основним недоліком є наявність рисок (на рис. 5.6 позначені стрілками) на поверхні деталі, адже остаточний профіль утворюється не єдиною (безперервною) різальною кромкою, а “генерується” окремими ділянками.

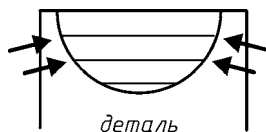


Рис. 5.6. Риски

Групова схема

У протяжок з груповою схемою різання (рис. 5.4) робоча частина складається з окремих секцій.

Кожна секція складається з групи зубів (тому ця схема різання і названа груповою). Діаметральні розміри всіх зубів у кожній секції однакові (рис. 5.7).

Конструктивне оформлення зубів групової схеми різання подано на рис. 5.8.

Протяжка групою із чотирьох зубів наведена на рис. 5.9. Кожний різальний зуб виконано у формі чотирикутника.

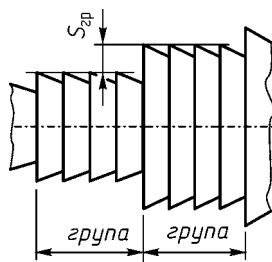


Рис. 5.7. Групова

Зауваження. У кожній групі різальні зуби мають однаковий діаметральний розмір. Останній зуб у гру-

¹¹Історично це перша конструкторська реалізація протяжки.

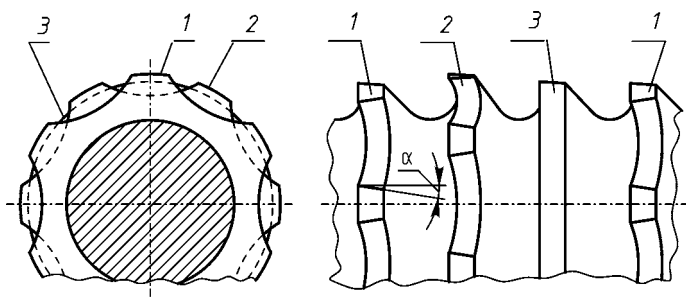


Рис. 5.8. Група із трьох зубців

- 1 – перший різальний зуб групи;
- 2 – другий різальний зуб групи;
- 3 – останній (зачистний) зуб групи.

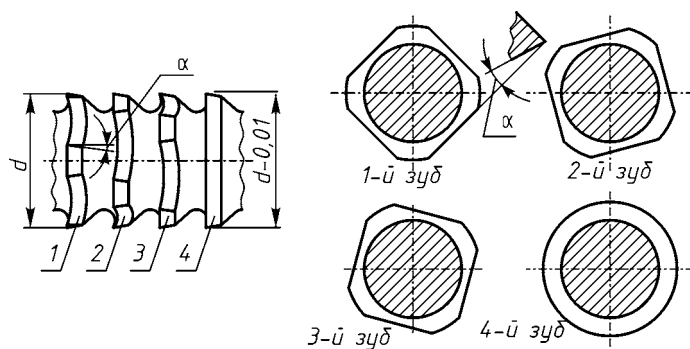


Рис. 5.9. Групова кругла протяжка

- 1...3 – різальні зубці групи діаметром d
- 4 – зачистний зуб групи діаметром $d - 0,01$.

пі (зачищувальний) має діаметр трохи менший за попередні (приблизно на 0,005... 0,01 мм). Це необхідно, щоб він не зрізав цільне кільце металу.

5.1.3 Стружкова канавка

Залежно від оброблюваного матеріалу існує чотири форми стружкової канавки між зубцями (рис. 5.10).

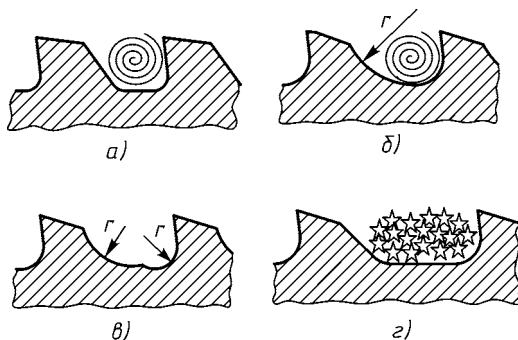


Рис. 5.10. Форма канавки зуба

- а) – звичайна канавка, не дуже вдала – округла форма скрученої стружки не збігається з гострокутною формою канавки (історично перша форма);
- б) – "прогресивна" (збільшена) для конструкційних сталей – стружка повністю заповнює канавку;
- в) – збільшена подвійного радіусу (як варіант прогресивної);
- г) – для крихкої (сипучої) стружки.

Спрощена канавка

Історично першою з'явилась форма канавки за рис. 5.10,а. Ця канавка обмежена прямими контурами. Її основний недолік – погане розміщення стружки.

Прогресивна канавка 1

Форма канавки виконана за рис. 5.10,б (історично названа як "прогресивна") враховує форму стружки, яка завивається в кільце, а задня радіусна сторона зубці сприяє плавному закручуванню (згортанню) стружки.

Прогресивна канавка 2

Форма канавки за рис. 5.10,в це варіант “прогресивної” форми для оброблення пластичних матеріалів.

Подовжена канавка

Форму канавки за рис. 5.10,г застосовують під час оброблення крихких матеріалів, які утворюють стружку надлому (так звану “сипучку”).

5.1.4 Зуби протяжки

Не залежно від типу та призначення протяжки мають два типи зубів – різальні та калібрувальні.

Різальні зуби

Різальні зуби призначені для зрізування припуску (рис. 5.11). По мірі затупленні їх переточують по передній поверхні в наслідок чого їх розмір (діаметр) зменшується.

Калібрувальні зуби

Калібрувальні зуби (рис. 5.12) ніякого припуску не зрізують і нічого не калібрують. Остаточний розмір деталі визначає розмір останнього різального зуба. Єдине призначення калібрувальних зубів, це забезпечити запас протяжки на переточування. Для цього вони мають на задній поверхні циліндричну фаску f шириною 0,3...0,7 мм.

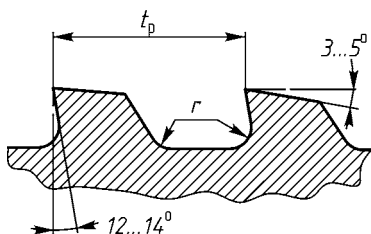


Рис. 5.11. Різальні зуби

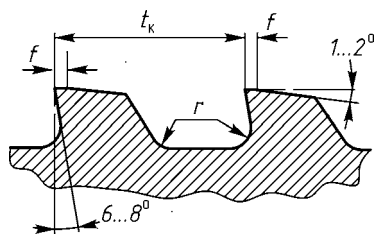


Рис. 5.12. Калібрувальні зуби

Поновлення працездатності

Протяжку переточують (поновлюють працездатність) тільки по передній поверхні зубу (рис. 5.13).

Після переточування різального зубу (рис. 5.13,а), його діаметральний розмір, внаслідок наявності переднього та заднього кутів, зменшиться на величину δ . Як результат – протяжка стане непридатною для роботи.

Якщо переточити калібрувальний зуб (рис. 5.13,б), то через наявність циліндричної фаски f його діаметральний розмір не зміниться. Отже, протяжка залишиться придатною до роботи.

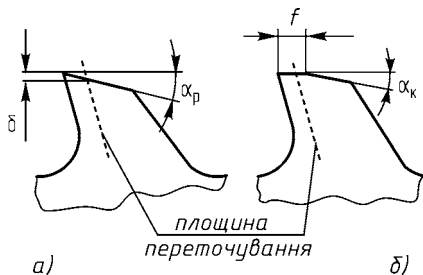


Рис. 5.13. Переточування зубців

Висновок. В наслідок переточування протяжки її різальні зубці зменшуються у розмірі. І тоді перший калібрувальний зуб починає виконувати функцію останнього різального зубу (поки не буде сточена вся фаска f). І так далі доки не сточать всі калібрувальні зубці.

Зазвичай протяжка має 4...6 калібрувальних зубців. Кожен калібрувальний зуб допускає декілька переточувань після яких він втрачає діаметральний розмір.

5.2 Проектування протяжки

Методика розрахунку круглої протяжки, виготовленої з інструментальної сталі, має таку послідовність.

Вихідний дані:

D_o – діаметр отвору заготовки;

D – номінальний діаметр отвору деталі;

es – верхнє допустиме відхилення отвору деталі;

ei – нижнє допустиме відхилення отвору деталі;

l_o – довжина отвору;

σ_b – допустима міцність матеріалу деталі.

Різальна частина протяжки

1. Передній і задній кути протяжки. Задній кут різальних зубів вибирають в діапазоні $\alpha = 2...3^\circ$. Передній кут γ призначають в залежності від оброблюваного матеріалу:

Матеріал	γ°
алюміній, мідь	12...15
сталь конструкційна	10...18
чавун	5...10
бронза, латунь	0...5

2. Крок різальних зубів

$$t = (1,25 \dots 1,5) \sqrt{l_0}. \quad (5.1)$$

3. За розрахованою величиною кроку t з табл. 5.1 вибрати стружкову канавку (рис. 5.14).

При $t \geq 6$ мм кожному кроку в табл. 5.1 відповідає не одна глибина канавки h . Як початковий варіант доцільно вибрати найбільше значення h , аби забезпечити максимальну, з точки зору розміщення стружки в канавці, товщину зрізу при протягуванні. Надалі значення h може бути скоректоване у бік зменшення після перевірки різальної частини протяжки на міцність (див. п. 8).

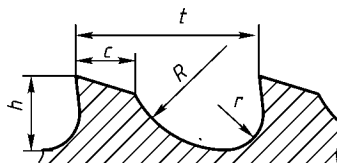


Рис. 5.14. Різальний зуб

Табл. 5.1. Розміри стружкової канавки, мм

t	h	c	r	R	$F_k \text{ мм}^2$		t	h	c	r	R	$F_k \text{ мм}^2$
4,5	2	1,5	1	2,5	3,14		14	4	4	2	10	12,57
6		2		4				5		2,5		19,63
	2,5		1,25		4,91			6		3		28,27
8				5			16	5	4,5	2,5		19,63
	3	3	1,5		7,07			6		3		28,27
10				7				7		3,5	12	38,48
	4		2		12,57			5		2,5		19,63
12	3	4	1,5	8	7,07		18	6	6	3		28,27
	4		2		12,57			7		3,5		38,48

4. Товщина зрізу, що приходить на один зуб протяжки, з умови

розміщення стружки в стружковій канавці:

$$a_z = \frac{F_k}{K l_0} \quad (5.2)$$

де F_k – площа перерізу канавки за табл. 5.1;

K – коефіцієнт заповнення канавки:

– сталь $K = 3,5 \dots 4$;

– чавун $K = 2 \dots 2,5$.

l_0 – довжина отвору.

Розраховану величину a_z округлити до 0,001 мм.

5. Зусилля, що приходиться на 1 мм довжини оброблюваного контура:

$$p_z = C_p \sigma_b a_z^{0,85} K_\gamma, \quad (5.3)$$
$$K_\gamma = \frac{(90 - \gamma)}{75},$$

де K_γ – коефіцієнт, що враховує величину переднього кута зубів протяжки;

σ_b – допустима величина напружень матеріалу деталі;

C_p – коефіцієнт, що залежить від оброблюваного матеріалу:

– алюміній, мідь 2,0

– чавун 2,6

– сталь конструкційна 3,3

– сталь легована 4,3

6. Кількість різальних зубів, що працюють одночасно

$$q = \left(\frac{l_0}{t} + 1 \right). \quad (5.4)$$

7. Зусилля протягування

$$P_{\text{прот}} = \pi p_z D q. \quad (5.5)$$

8. Напруження, які виникають в канавці перед першим зубом різальної частини протяжки

$$\sigma_1 = \frac{4 P_{\text{прот}}}{\pi (D_0 - 4h)^2}. \quad (5.6)$$

Повинна виконуватися умова

$$\sigma_1 \leq [\sigma_{tool}] \quad (5.7)$$

де σ_1 – напруження перед першим зубом;
 $[\sigma_{tool}]$ – допустиме напруження для матеріалу інструмента виготовленого з інструментальної сталі $[\sigma_{tool}] = 400...450$ МПа.

Якщо умова (5.7) не виконується, прийняти за табл. 5.1 меншу глибину стружкової канавки та повторити розрахунок з п. 4.

9. Найбільший діаметр $d_{хв}$ хвостовика, що проходить із зазором в отвір заготовки діаметром D_0 за рис. 5.15 та табл. 5.2

10. Внутрішні напруження в небезпечному перерізі хвостовика:

$$\sigma_x = \frac{P_{\text{прот}}}{F_x}. \quad (5.8)$$

де F_x – площа небезпечного перерізу прийнята за табл. 5.2.

Повинна виконуватися умова $\sigma_x \leq [\sigma_x]$, де напруга, що допускається, на розтягування для хвостовиків з вуглецевої і легованою конструкційної сталі $[\sigma_x] = 250...300$ МПа. Якщо ця умова не виконується, зменшують товщину зрізу на чорнових зубах протяжки до значення

$$a_z \leq \left(\frac{F_x}{\pi C_p K_\gamma D q} \cdot \frac{[\sigma_x]}{\sigma_b} \right)^{\frac{1}{0,85}}. \quad (5.9)$$

11. Припуск на оброблення протягуванням

$$A = \frac{D_{o \max} - D_{\max}}{2} \quad (5.10)$$

де D_{\max} та $D_{o \max}$ найбільші значення відповідних розмірів.

12. Кількість чорнових зубів протяжки

$$z_{\text{чорн}} = \frac{A - 0,5 a_z z_{\text{чист}}}{a_z} + 1 \quad (5.11)$$

де A – припуск на протягування за (5.10);

a_z – товщина зрізу скорегована за (5.9)

$z_{\text{чист}}$ – кількість чистових зубів $z_{\text{чист}} = 3...5$.

13. Загальна довжина різальної частини протяжки

$$l_{\text{різ}} = t (z_{\text{чорн}} + z_{\text{чист}}). \quad (5.12)$$

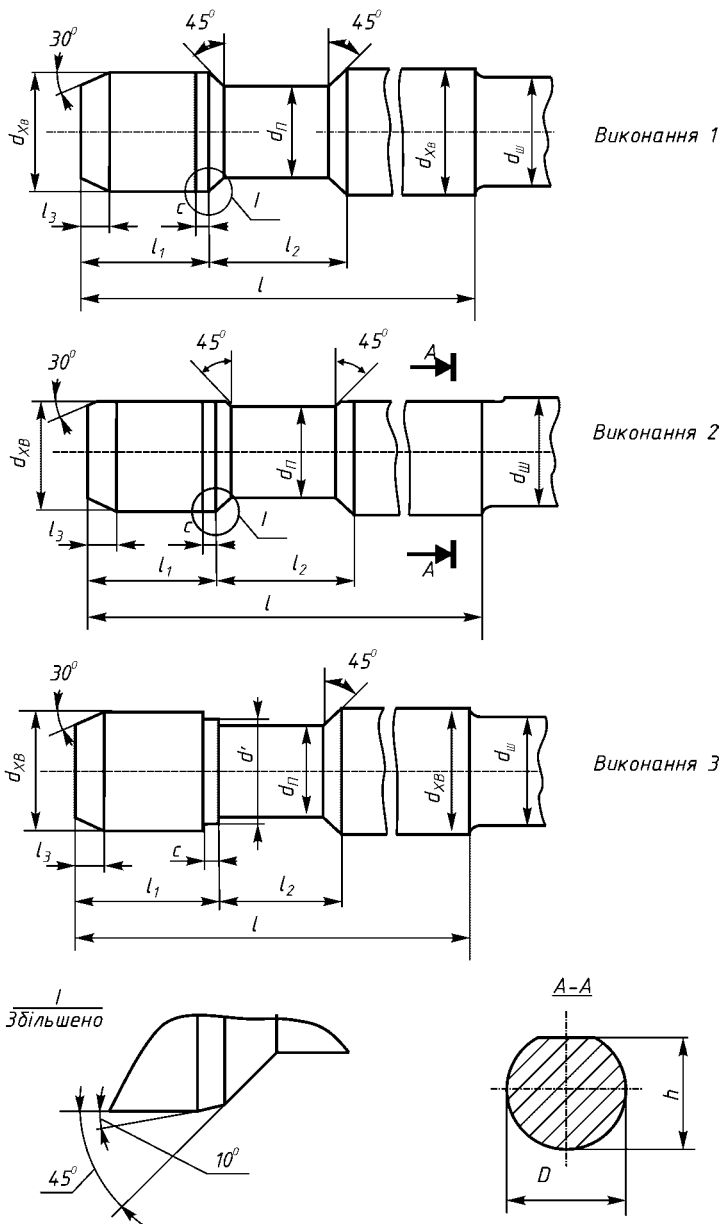


Рис. 5.15. Типи хвостовиків

Табл. 5.2. Розміри хвостовиків за рис. 5.15, мм

d_{XB}	d_{II}	F_X	d'	d_{III}	l	l_1	l_2	l_3	h	c	
12	8	50	11,8	11	65	16	28	5	10,5	0,5	
14	8,5	71	13,7	13	70				12,5		
16	11	95	15,7	15	75				14		
18	13	133	17,7	17					16		
20	15	177	19,7	19		18					
22	17	227	21,7	21		20					
25	19	283	24,7	24	80				23	1,0	
28	22	380	27,7	27					26		
32	25	491	31,6	31					29,5		
36	28	515	35,6	35					90		20
40	32	804	39,5	39	37,5						
45	34	908	44,5	44	100	42					
50	38	1133	49,5	49		47					
55	42	1385	54,4	54	115	25	36	12	51		
60	45	1590	59,4	59					56		
70	52	2125	69,4	69					66		
80	60	2827	79,2	79	120	32	40		75	2,0	
90	70	3848	89,2	89					85		
100	75	4418	99,2	99					94		

Калібрувальна частина протяжки

14. Передні кути $\gamma_{\text{кал}}$ калібрувальних зубів приймають такими ж, як і для різальних $\gamma_{\text{різ}}$ або вдвічі меншими. Отже:

$$\gamma_{\text{кал}} = \gamma_{\text{різ}} \quad \text{або} \quad \gamma_{\text{кал}} = \frac{1}{2} \gamma_{\text{різ}} \quad (5.13)$$

15. Кількість $z_{\text{кал}}$ калібрувальних зубів залежно від квалітету оброблюваного отвору:

Квалітет	6	7	8	9	10
$z_{\text{кал}}$	8	7	6	5	4

16. Крок калібрувальних зубів

$$t_{\text{кал}} \approx \frac{3}{4} t, \quad (5.14)$$

який погоджують з кроками, наведеними в табл.5.1. За тій же таблиці вибирають розміри канавки між калібрувальними зубами.

17. Номінальний діаметр всіх калібрувальних зубів однаковий і дорівнює

$$D_{\text{кал}} = D_{\text{max}}. \quad (5.15)$$

На зубцях передбачають циліндричну фаску f шириною

$$f = 0,2 \dots 0,5 \text{ мм}. \quad (5.16)$$

18. Загальна довжина калібрувальної частини протяжки

$$l_{\text{кал}} = t_{\text{кал}} z_{\text{кал}}. \quad (5.17)$$

Конструктивні параметри протяжки

19. Конструктивні та геометричні параметри хвостовика протяжки було вибрано раніш за рис. 5.15 та табл. 5.2.

20. Довжина передньої напрямної

$$l_{\text{пер_нап}} = (0,8 \dots 1,0) l_0. \quad (5.18)$$

21. Довжина задньої напрямної

$$l_{\text{пер_нап}} = (0,6 \dots 0,8) l_0. \quad (5.19)$$

22. Параметри інших елементів протяжки вибирають з конструктивних міркувань.

23. Приклад оформлення кресленника протяжки наведено на рис. 5.16. До кресленника (або безпосередньо на ньому) додають таблицю діаметральних розмірів різальних та калібрувальних зубів протяжки.

Там-же вказують допуски та геометричні параметри різальної частини.

Приклад 5.1 (Протяжка круга).

Вихідні дані:

$D_o = 36$ мм – діаметр отвору заготовки;

$D = 35$ мм – номінальний діаметр отвору деталі;

$es = 0,027$ мм – верхнє допустиме відхилення отвору деталі;

$ei = 0,000$ мм – нижнє допустиме відхилення отвору деталі;

$l_o = 75$ мм – довжина отвору деталі;

$\sigma_b = 597$ МПа – допустима міцність матеріалу деталі
(конструкційна сталь 45).

Різальна частина протяжки

1. Передній і задній кути протяжки:

– задній кут різальних зубів $\alpha_{різ} = 3^\circ$

– передній кут різальних зубів $\gamma_{різ} = 14^\circ$

2. Крок різальних зубів

$$\begin{aligned} t &= (1,25 \dots 1,5) \sqrt{l_0} = \\ &= (1,25 \dots 1,5) \sqrt{75} = 1,35 \cdot 8,66 = 11,69 = 12 \text{ мм.} \end{aligned}$$

3. За розрахованою величиною кроку t з табл. 5.1 та рис. 5.14 вибираємо стружкову канавку з такими розмірами:

– крок між зубцями	$t = 12$ мм
– глибина канавки	$h = 4$ мм
– ширина спинки зуба	$c = 4$ мм
– менший радіус стружкової канавки	$r = 2$ мм
– більший радіус стружкової канавки	$R = 8$ мм
– площа канавки стружкової канавки	$F_k = 12,57 \text{ мм}^2$

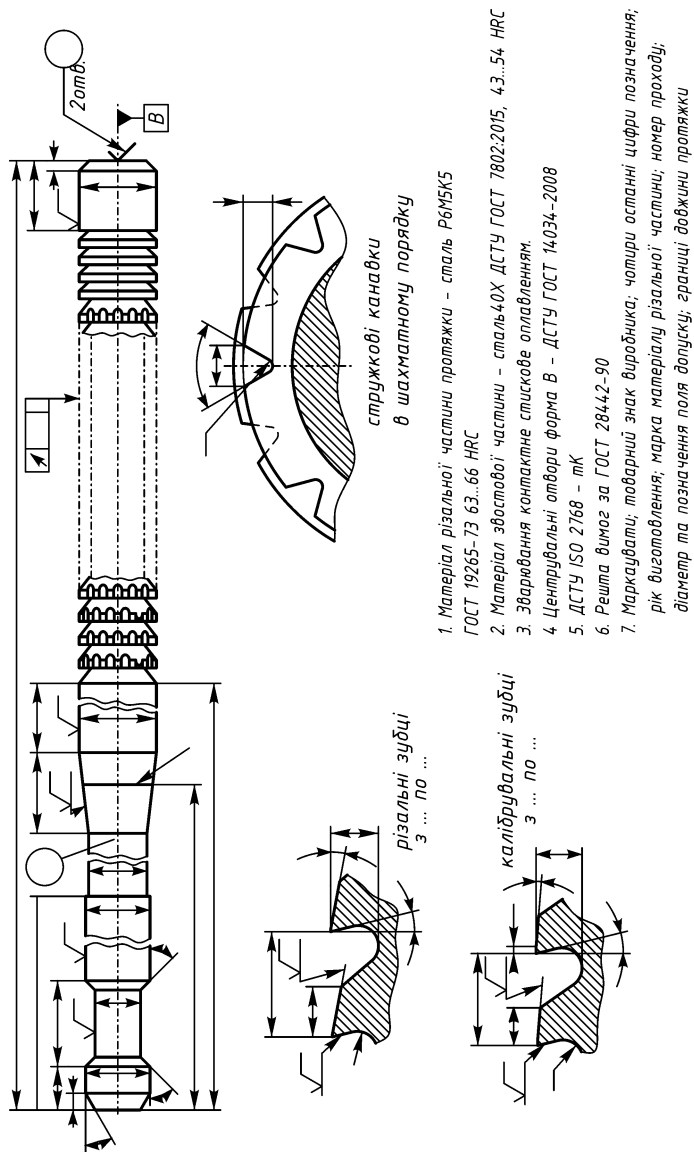


Рис. 5.16. Ескіз круглої протяжки

4. Товщина зрізу, що припадає на один зуб протяжки, з умови розміщення стружки в стружковій канавці:

$$a_z = \frac{F_k}{K l_0} = \frac{12,57}{3,75 \cdot 75} = 0,044 = 0,040 \text{ мм.}$$

де K – коефіцієнт заповнення стружкової канавки. Для сталі $K = (3,5 \dots 4)$. Приймаємо $K = 3,75$.

5. Зусилля, що припадає на 1 мм довжини оброблюваного контура

$$K_\gamma = \frac{(90 - \gamma_{\text{різ}})}{75} = \frac{(90 - 14)}{75} = 1,013$$

$$\begin{aligned} p_z &= C_p \sigma_b a_z^{0,85} K_\gamma = \\ &= 3,3 \cdot 579 \cdot 0,04^{0,85} 1,013 = 125 \text{ МПа.} \end{aligned}$$

6. Кількість різальних зубів, що працюють одночасно

$$q = \left(\frac{l_0}{t} + 1 \right) = \left(\frac{75}{12} + 1 \right) = 7,25 = 7.$$

7. Зусилля протягування

$$P_{\text{прот}} = \pi p_z D q = \pi 125 \cdot 35 \cdot 7 = 96211 \text{ Н.}$$

8. Напруження, які виникають в канавці перед першим зубом різальної частини протяжки

$$\begin{aligned} \sigma_1 &= \frac{4 P_{\text{прот}}}{\pi (D_0 - 4h)^2} = \\ &= \frac{4 \cdot 96211}{\pi (35,5 - 4 \cdot 4)^2} = 322 \text{ МПа.} \end{aligned}$$

Умова

$$\sigma_1 \leq [\sigma_{\text{tool}}]$$

виконується $322 < 400$. Отже, попередні розрахунки вірні.

9. Найбільший діаметр $d_{\text{хв}}$ хвостовика, що проходить із зазором в отвір заготовки діаметром D_0 за рис. 5.15 та табл. 5.2 дорівнює $D_o = 32 \text{ мм.}$

10. Внутрішні напруження в небезпечному перетині хвостовика

$$\sigma_x = \frac{P_{\text{прот}}}{F_x} = \frac{96211}{491} = 196 \text{ МПа.}$$

де F_x – площа небезпечого перерізу прийнята за табл. 5.2.

Умова $\sigma_x \leq [\sigma_x]$, а саме $196 \leq 250$ виконується. Отже розрахунки вірні.

11. Припуск на оброблення протягуванням

$$A = \frac{D_{max} - D_{o\ max}}{2} = \frac{36 - (35 + 0,027)}{2} = 0,4865 \text{ мм.}$$

де D_{max} та $D_{o\ max}$ граничні значення відповідних розмірів.

12. Кількість чорнових зубів протяжки

$$z_{чорн} = \frac{A - 0,5a_z z_{чист}}{a_z} + 1 = \frac{0,4865 - 0,5 \cdot 0,04 \cdot 3}{0,04} + 1 = 12.$$

де A – припуск на протягування за (5.10);

a_z – товщина зрізу скорегована за (5.9);

$z_{чист}$ – кількість чистових зубів, приймаємо $z_{чист} = 3$.

13. Загальна довжина різальної частини протяжки

$$l_{різ} = t (z_{чорн} + z_{чист}) = 12 (12 + 3) = 180 \text{ мм.}$$

Калібрувальна частина протяжки

14. Передні кути $\gamma_{кал}$ калібрувальних зубів приймають такими ж, як і для різальних $\gamma_{різ}$ або вдвічі меншими. Отже:

$$\gamma_{кал} = \gamma_{різ} \quad \text{або} \quad \gamma_{кал} = \frac{1}{2} \gamma_{різ}$$

15. Кількість $z_{кал}$ калібрувальних зубів залежно від квалітету оброблюваного отвору

Квалітет	6	7	8	9	10
$z_{кал}$	8	7	6	5	4

16. Крок калібрувальних зубів

$$t_{кал} \approx \frac{3}{4} t = \frac{3}{4} 12 = 9 \text{ мм.}$$

який погоджують з кроками, наведеними в табл.5.1. За тій же таблиці вибирають розміри канавки між калібрувальними зубами.

17. Номінальний діаметр $D_{\text{кал}}$ всіх калібрувальних зубів однако-
вий і дорівнює

$$D_{\text{кал}} = D_{\text{max}} = 35_{ei}^{es} = 35 + 0,027 = 35,027 \text{ мм.}$$

На зубцях передбачають циліндричну стрічку шириною

$$f = 0,2 \dots 0,5 \text{ мм.}$$

18. Загальна довжина калібрувальної частини протяжки

$$l_{\text{кал}} = t_{\text{кал}} z_{\text{кал}} = 4,5 \cdot 4 = 18 \text{ мм.}$$

Конструктивні параметри протяжки

19. Конструктивні та геометричні параметри хвостовика протяж-
ки було вибрано раніш за рис. 5.15 та табл. 5.2.

20. Довжина передньої напрямної

$$l_{\text{пер_нап}} = (0,8 \dots 1,0) l_0 = 0,9 \cdot 75 = 67,5 \text{ мм.}$$

21. Довжина задньої напрямної

$$l_{\text{пер_нап}} = (0,6 \dots 0,8) l_0 = 0,7 \cdot 75 = 52,5 \text{ мм.}$$

22. Параметри інших елементів протяжки вибирають з констру-
ктивних міркувань.

Приклад оформлення кресленика протяжки наведено на рис. 5.17.

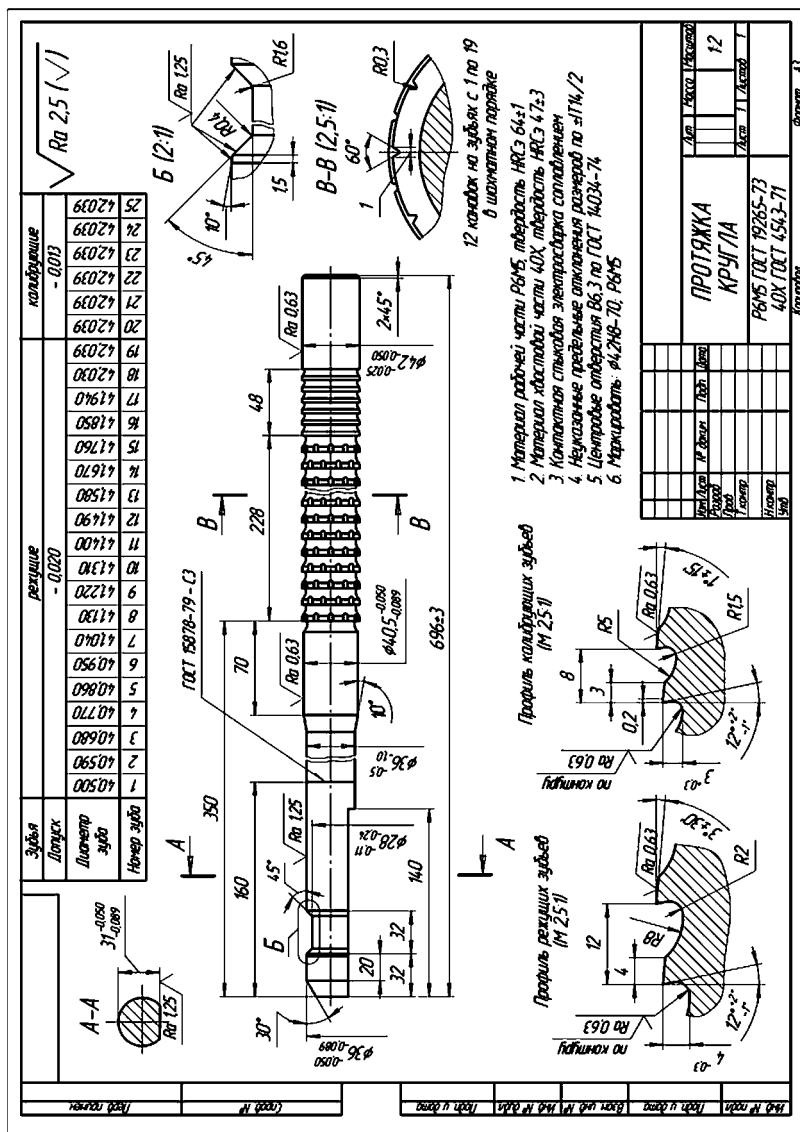


Рис. 5.17. Кресленик протяжки

Список літератури

1. Справочник протяжника. П.Г. Кацев, Н. П. Епифанов. М., Машгиз, 1963. 256 с.
2. Справочник технолога-машиностроителя /под редакцией А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. В 2х томах. — М. : Машиностроение, 1986. — Т.2. — 496 с.
3. ДСТУ ГОСТ 18217:2008 Протяжки шпоночные. Конструкция
4. ДСТУ ГОСТ 25974:2008 Протяжки для десятишлицевых отверстий с прямобочным профилем с центрированием по внутреннему диаметру комбинированные переменного резания двухпроходные. Конструкция и размеры
5. ДСТУ ГОСТ 20365:2008 Протяжки круглые переменного резания диаметром от 14 до 90 мм. Конструкция и размеры

6 ФРЕЗИ

6.1 Призначення і класифікація

Фреза

Багатолезовий інструмент, призначені для обробки плоских і фасонних поверхонь, уступів, пазів, канавок, гвинтових поверхонь і інших подібних об'єктів.

Фрези відрізняються великою різноманітністю типів, форм і призначенням. Вони бувають як стандартизовані що працюють на універсальних верстатах, так і спеціальні, призначені для обробки конкретних виробів (рис. 6.1):

- 1* – фреза циліндрична;
- 2...4* – фрези торцеві;
- 5* – фреза дискова косозуба;
- 6* – фреза дискова прямозуба (пазова);
- 7...9* – фрези кінцеві (пальцеві);
- 10* – фреза шпонкова кінцева;
- 11* – фреза шпонкова дискова;
- 12* – фреза Т-подібна;
- 13* – фреза для ластівкового пазу;
- 14* – фреза кутова дискова;
- 15* – фреза дискова фасонна;
- 16* – набір фрез.

Класифікація фрез також може бути здійснена таким чином:

- за розташуванням зубів щодо осі (циліндричні, торцеві, кутові, фасонні, дискові, кінцеві, шпонкові);
- за напрямом зубів (прямі, косозубі, з гвинтовим зубом);
- зі конструкцією (цілісні, складені, збірні, набори);
- за формою задньої поверхні (гострозаточені, затиловані);
- за способом кріплення (насадні – з отвором для кріплення, кінцеві – з конічним або циліндровим хвостовиком).

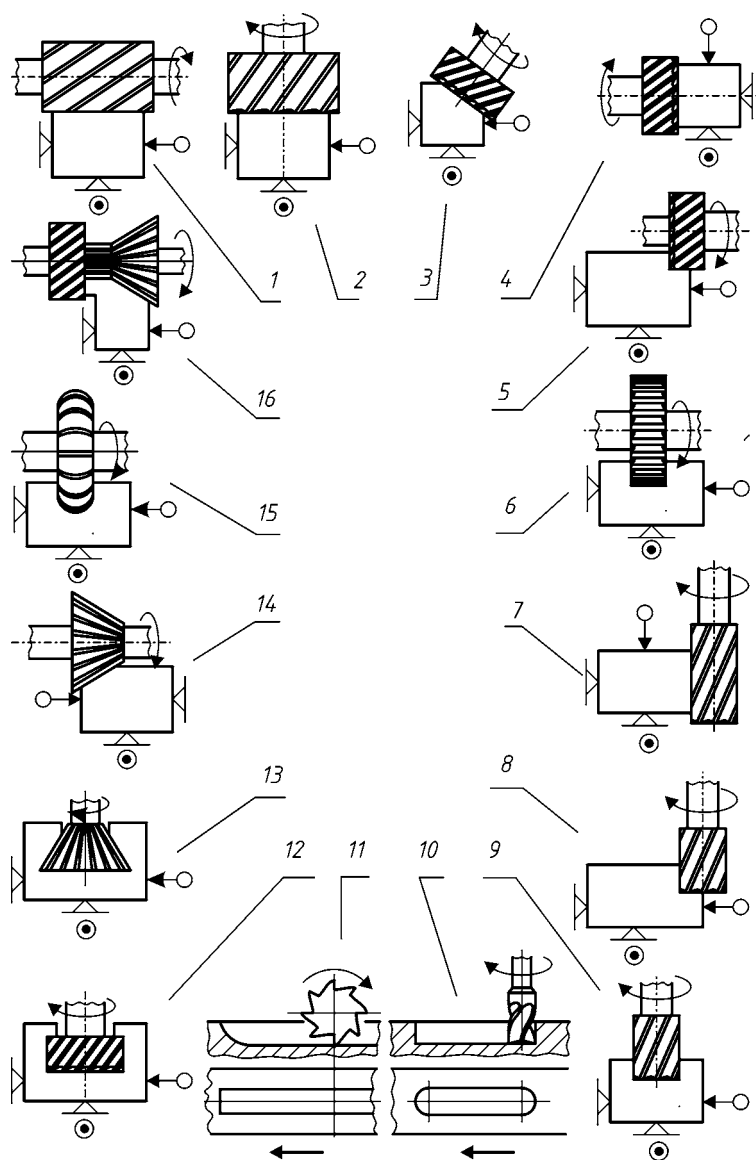


Рис. 6.1. Типы фрез

Конструктивні особливості різних типів фрез

Фрези дискові

Фрези дискові застосовують для оброблення глибоких прямолінійних пазів та уступів. Значне поширення мають дискові фасонні фрез, які використовують для оброблення фасонних поверхонь (стружкові гвинтові канавки інструмента, різьби великого розміру, циліндричні поверхні складного фасонного профілю та інше).



Табл. 6.1. Фреза дискова

Фрези кінцеві

Кінцеві фрези діаметрів від 3 мм до 63 мм мають циліндровий або конічний хвостовик. Гвинтові стружкові канавки у фрез для пазів і уступів повинні мати правий напрям при правому обертанні фрези для видалення стружки із зони різання.



Рис. 6.2. Фреза кінцева

Застосовують циліндричні фрези для утворіння не прямолінійних пазів та оброблення уступів.

Фрези шпонкові

Фрези шпонкові для забезпечення їх жорсткості мають довжину робочої частини, рівну трьом діаметрам і серцевину до 0,3 діаметру. Фреза має тільки два зуби і циліндричний або конічний хвостовик. Діаметр шпонкових фрез завжди дорівнює ширині шпонкового пазу за стандартом для якого вона призначена.



Рис. 6.3. Фреза шпонкова

Пазові фрези

Пазові фрези виконують з прямим зубом. Для компенсації зносу по ширині фрези доцільно робити складеними з використанням прокладок.

Застосовують пазові фрези для утворення вузьких та глибоких пазів прямого напрямку.



Рис. 6.4. Фреза пазова

Кутові фрези

Кутові фрези можуть бути одно- і двох-кутові. Застосовують кутові фрези здебільшого для утворення стружкових канавок і таких інструментів, як розвертки. Останнім часом їх успішно використовують для утворення гвинтових стружкових канавок для зенкерів та розверток.



Рис. 6.5. Фреза кутова

Прорізні фрези

Фрези прорізні і відрізні застосовують в основному для відрізки заготовок. Вони можуть бути цілісними, діаметром 20...315 мм і шириною 0,2...6 мм або збірними, оснащеними сегментами, діаметром до 1000 мм.



Рис. 6.6. Фреза прорізна

Здебільшого прорізні фрези застосовують для відрізки заготовок, тому інколи їх називають відрізними фрезами.

Торцеві фрези

Торцеві фрези, оснащені твердим сплавом або композитом використовуються для обробки загартованих сталей (HRC 60...64) і для високошвидкісної ($V = 600$ м/мін) обробки чавунів.



Рис. 6.7. Фреза торцева

Останнім часом торцеві фрези застосовують для оброблення значних за розмірами плоских поверхонь. Серед інструмента, що оброблює площини, торцеві фрези є найбільш продуктивними.

Збірні фрези

Збірні конструкції фрез забезпечують економію швидкорізальної сталі, дозволяють багато разів використовувати корпус фрези, до якого кріпляться зуби-ножі. Варіантів конструктивного оформлення кріплень багато. Найбільш поширені – клинові і рифлені.

6.2 Конструктивні елементи

До загальних конструктивних елементів фрез відносяться:

- діаметр фрези;
- посадочні розміри (діаметр отвору, паз шпони);
- кількість зубів і їх форма.

Зовнішній діаметр

Зовнішні діаметри стандартизовані, їх ряди представляють геометричну прогресію із знаменником $k = 1,26$ або $k = 1,58$.

Так для $k = 1,26$ номінальні діаметри фрез складають ряд:

3	4	5	8	10	12	16	20	25	32	40
50	63	80	100	125	160	200	250	320	400	500

Значення діаметру 63 мм є базовим у наведеному ряді номінальних діаметрів фрез.

Посадочний діаметр

Діаметр посадочного отвору дорівнює

$$D_o = \frac{D_\phi}{(2, 25 \dots 3)}, \quad (6.1)$$

який округляється до стандартних значень:

16	22	27	32	40	50	60	75	100
----	----	----	----	----	----	----	----	-----

Діаметр d посадочного отвору, залежно від зовнішнього діаметра D фрези, можливо прийняти за наступним співвідношенням:

D , мм	40	50	63	80	100	125	160
d , мм	16	22	27	32	40	50	60

Кількість зубів

Кількість зубів фрези приймається з умов рівномірності фрезерування. Можна скористатися формулою:

$$Z = m\sqrt{D_\phi} \quad (6.2)$$

де m – коефіцієнт, що залежить від типу оброблення:

- чорнове оброблення $m = 1,25$
- загальне застосування $m = 1,5$
- чистове оброблення $m = 1,75$

Якщо відомі конкретні умови роботи фрези, то кількість її зубів можливо розрахувати за формулою

$$Z = \frac{0,2 D}{t_{max}^{0,5} s_{z max}^{0,5}} \quad (6.3)$$

де D – діаметр фрези;
 t_{max} – максимальна глибина фрезерування;
 $s_{z max}$ – найбільша подача.

Приклад 6.1 (Кількість зубів фрези).

Розрахувати доцільну кількість зубів для фрези.

Вихідні дані:

- $D = 63$ мм – діаметр фрези;
- $t_{max} = 5$ мм – глибина фрезерування;
- $s_z = 0,2$ мм/зуб – подача на зуб.

Рішення:

1. За формулою (6.3) маємо

$$Z = \frac{0,2 D}{t_{max}^{0,5} s_{z max}^{0,5}} = \frac{0,2 \cdot 63}{5^{0,5} 0,2^{0,5}} = 12,6.$$

2. Остаточно приймаємо кратну кількість зубів $Z = 12$.

6.3 Геометричні параметри

Задній кут

Геометричні параметри фрези залежать від її призначення і конструкції. Так для обробки сталі і чавуну задній кут α визначають за формулою:

$$\sin \alpha = \frac{0,13}{a_{max}^{0,3}} \quad (6.4)$$
$$a_{max} = s_z \sin \psi$$

де s_z – подача на зуб, мм/зуб;
 a_{max} – максимальна товщина стружки, що зрізується;
 ψ – кут контакту фрези із заготовкою.

Приклад 6.2 (Задній кут).

Визначити величину заднього кута α фрези для відомого кута контакту фреза-деталь.

Вихідний дані:

$s_z = 0,16$ мм/зуб – подача на зуб;
 $\psi = 27^\circ$ – кут контакту фреза-деталь.

Рішення:

1. Максимальна товщина зрізу

$$a_{max} = s_z \sin \psi = 0,16 \cdot \sin 27^\circ = 0,0726 \text{ мм.}$$

2. Задній кут при вершині фрези

$$\sin \alpha = \frac{0,13}{a_{max}^{0,3}} = \frac{0,13}{0,0726^{0,3}} = 0,2855.$$

3. Звідки маємо величину заднього кута фрези $\alpha = 16^\circ 35'$.

Передній кут

Передній кут γ вибирають залежно від властивостей оброблюваного матеріалу, при обробці сталі і чавуну $\gamma = 10^\circ \dots 20^\circ$.

Якщо відомо коефіцієнт K_γ усадки стружки, то передній кут можливо розрахувати як

$$\gamma = 65 - 100K_\gamma. \quad (6.5)$$

Так при $K_\gamma = 0,55$ маємо $\gamma = 65 - 100 \cdot 0,55 = 10^\circ$.

Приклад 6.3 (Передній кут).

Визначити величину переднього кута фрези при відомому коефіцієнті усадки стружки.

Вихідний дані:

$K_\gamma = 0,47$ – коефіцієнт усадки стружки.

Рішення:

1. За формулою (6.5) маємо:

$$\gamma = 65 - 100K_{\gamma} = 65 - 100 \cdot 0,47 = 18.$$

2. Отже, приймаємо величину переднього кута $\gamma = 18^{\circ}$.

6.4 Фасонні гострозаточені фрези

Фасонні гострозаточені фрези (рис. 6.8) застосовують у масовому виробництві на підприємствах-виробниках для оброблення деталей із фасонним профілем.

Гострозаточені фрези мають задню поверхню окреслену прямою і їх переточують тільки по задній фасонній поверхні.

Основною і єдиною перевагою гострозаточених фасонних фрез є наявність додатного переднього кута. Тому такі фрези відрізняються підвищеною продуктивністю та високою якістю обробленої поверхні.

У то й же час, найістотнішим недоліком гострозаточених фасонних фрез є складність в експлуатації, пов'язана з переточуванням.



Рис. 6.8. Фреза гострозаточена

6.4.1 Заточування

Заточування гострозаточених фасонних фрез здійснюють по задній поверхні. Для його здійснення необхідне спеціальне устаткування (рис. 6.9) з копіювальним пристроєм, яке дозволяє забезпечити таку траєкторію руху заточувального круга, яка повинна відповідати фасонному профілю зуба фрези.

Пристрій для заточування має плоску опорну лінійку 4, по якій обкочується копій 3, що має

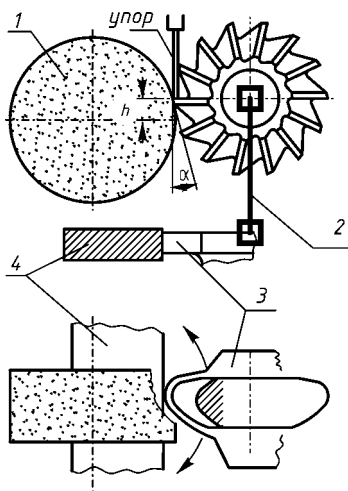


Рис. 6.9. Заточування фрез

форму профілю фрези. З копіром жорстко пов'язана заточувана фреза 2. Задній кут на фрезі утворюється зсувом осі шліфувального круга 1 відносно осі фрези на величину h

$$h = r_b \sin \alpha_b \quad (6.6)$$

де r_b – радіус фрези у її вершинній точці (габаритний радіус);

α_b – задній кут у вершинній точці різальної кромки фрези.

6.4.2 Профілювання

Графічне профілювання

Методика профілювання (визначення профілю різальної кромки) фасонної гострозаточеної фрези наведена на рис. 6.10.

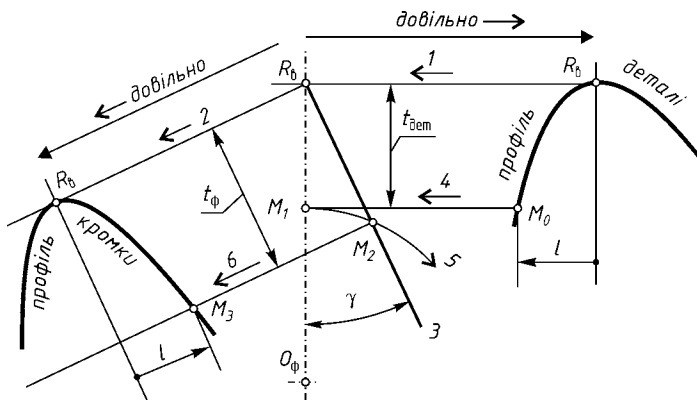


Рис. 6.10. Профілювання гострозаточеної фрези

Початковими параметрами є профіль деталі, передній кут γ та габаритний діаметр інструмента. Точка R_b найвища точка профілю деталі.

У будь-якому випадку профіль кромки повторює форму профілю деталі, але при незмінній ширині має дещо більшу висоту (глибину). "Подовження" профілю деталі залежить тільки від величини переднього кута фрези.

Аналітичне профілювання

Визначити за аналітичними розрахунками профіль фасонної дискової фрези можливо за наступними залежностями:

$$t_{\phi} = R_B \cos \gamma - \sqrt{\rho^2 - a^2} \quad (6.7)$$

де t_{ϕ} – висота (глибина) фасонного профілю фрези у її передній поверхні;

γ – передній кут фрези;

R_B – зовнішній (габаритний) радіус фрези.

Параметри ρ та a , що входять до формули (6.7) можливо визначити як:

$$\rho = R_B - t_{\text{дет}} \quad (6.8)$$

$$a = R_B \sin \gamma \quad (6.9)$$

де R_B – зовнішній (габаритний) радіус фрези;

$t_{\text{дет}}$ – глибина (висота) профілю деталі;

γ – передній кут фрези.

Зауваження. Ширина фасонного профілю фрези та деталі незмінні (параметр l на рис. 6.10). Отже, ширина профілю деталі та ширина профілю фрези збігаються.

Приклад 6.4 (Аналітичне профілювання фрези).

Аналітично визначити висоту профілю дискової фасонної фрези.

Вихідний дані:

$R_B = 37,5$ мм – габаритний радіус фрези;

$t_{\text{дет}} = 10$ мм – глибини профілю деталі;

$\gamma = 16^\circ$ – передній кут фрези.

Рішення:

1. Параметри ρ та a , що входять до формули (6.7)

$$\rho = R_B - t_{\text{дет}} = 37,5 - 10 = 27,5 \text{ мм},$$

$$a = R_B \sin \gamma = 37,5 \sin 10^\circ = 6,512 \text{ мм}.$$

2. Висота профілю фрези

$$\begin{aligned} t_{\phi} &= R_B \cos \gamma - \sqrt{\rho^2 - a^2} = \\ &= 37,5 \cos 10^\circ - \sqrt{27,5^2 - 6,512^2} = 10,212 \text{ мм}. \end{aligned}$$

6.5 Затиловані фасонні фрези

Фасонні фрези із затилованими зубами мають наступні позитивні якості:

- незмінність профілю оброблюваної деталі протягом всього періоду експлуатації фрези;
- збільшення стружкових канавок у міру переточування фрези;
- простота в експлуатації, пов'язана з простотою заточування по передній поверхні, без спеціальних пристроїв.

У той же час при конструюванні затилованих фрез необхідно враховувати їх недоліки в порівнянні з гострозаточеними:

- мала кількість зубів;
- нижче частота обробки;
- нижче стійкість;
- менша продуктивність.

6.5.1 Затилювання

Затиловані фрези і інші затиловані інструменти називають так тому, що в процесі їх виготовлення для оформлення задньої поверхні зуба застосовують специфічну операцію – затилювання (рис. 6.11).

Єдине призначення затилювання – забезпечення незмінності форми різальної кромки після переточування інструмента.

Обробка задньої поверхні зубів затилюемого інструмента здійснюється різцем або шліфувальним кругом по певній траєкторії, яку називають кривою затилювання. В якості кривої затилювання зазвичай використовується спіраль Архімеда (рис. 6.12).

Завдяки такому процесу оброблення висота фасонного профілю h_n різальної кромки нової фрези, залишається незмінною $h_n = h_n$ і після переточування фрези.

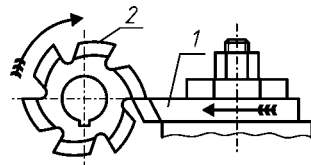


Рис. 6.11. Затилювання різцем

Затилувані фрези переточують тільки по передній поверхні зубу, а передній кут дорівнює нулю.

Під час рівномірного обертання заготовки майбутньої фрези затилувальний різець переміщається до її центру, здійснюючи знімання металу із задньої поверхні зуба.

Величина K , що характеризує шлях різця до центру заготовки за її оберт на один зуб, називається величиною затилування і визначається значенням заднього кута.

Цикл руху різця при затилуванні одного зуба складається з робочого ходу, коли відбувається обробка задньої поверхні зуба, і холостого необхідного для повернення різця в початкове положення.

Затилувальний верстат оснащується комплектом кулачків з найбільш поширеними величинами затилування, значення яких округляють у розрахунках до величини 0,5 мм.

Між величиною затилування K і заднім кутом α при вершині зубу фрези існує математична залежність:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{K Z}{2 \pi r_{\text{в}}} \quad (6.10)$$

де K – величина затилування;

Z – кількість зубів фрези;

$r_{\text{в}}$ – радіус фрези у її вершинній точці (габаритний радіус інструмента).

Приклад 6.5 (Задній кут фрези).

За відомою величиною затилування K розрахувати величину заднього кута α фрези.

Вихідні дані:

$K = 3,5$ мм – величина затилування;

$r_{\text{в}} = 37,5$ мм – габаритний радіус фрези.;

$Z = 12$ – кількість зубів фрези.

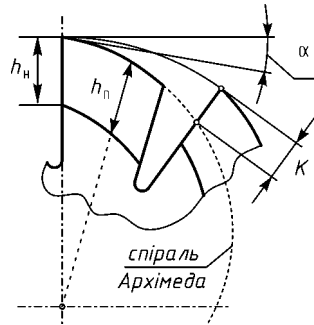


Рис. 6.12. Крива затилування

Рішення:

1. За формулою (6.10) маємо:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{K Z}{2 \pi r_{\text{в}}} = \frac{3,5 \cdot 12}{2 \pi 37,5} = 0,1783.$$

2. Звідки маємо $\alpha = 10^{\circ}06'$.

Приклад 6.6 (Величина затилування).

За відомою величиною заднього кута α розрахувати величину затилування K фрези.

Вихідний дані:

$\alpha = 9^{\circ}$ – величина заюнього кута фрези;

$r_{\text{в}} = 37,5$ мм – габаритний радіус фрези.;

$Z = 12$ – кількість зубів фрези.

Рішення:

1. За формулою (6.10) маємо:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{K Z}{2 \pi r_{\text{в}}}.$$

2. Звідки знаходимо величину K затилування

$$K = \frac{2 \pi r_{\text{в}}}{Z} \operatorname{tg} \alpha = \frac{2 \pi 37,5}{12} \operatorname{tg} 9^{\circ} = 3,1098 \text{ мм.}$$

3. Округляємо розраховану величину затилування $K = 3,1098$ до $K = 3$ мм.

4. Перевіряємо величину заднього кута для нової (округленої) величини затилування $K = 3$ мм

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{K Z}{2 \pi r_{\text{в}}} = \frac{3 \cdot 12}{2 \pi 37,5} = 0,1528.$$

5. Звідки величина заднього кута $\alpha = 8^{\circ}41'$.

На робочому кресленні сконструйованого інструмента вказують величину затилування K , а не задній кут α .

Задні кути в різних точках різальної кромки фасонної затилованої фрези зазвичай неоднакові. Величина їх залежить від відстані розрахункової точки до осі фрези.

Задній кут у довільній точці

Формулу (6.12) можна переписати як:

$$\operatorname{tg} \alpha_i = \frac{K Z}{2 \pi r_i} \quad (6.11)$$

де α_i – задній кут у довільній точці різальної кромки;

r_i – радіус на якому довільна точка відстоїть від осі фрези.

Приклад 6.7 (Задній кут у довільній точці).

Розрахувати величину заднього кута для довільної точки різальної кромки фасонної фрези.

Вихідні дані:

$K = 3,5$ мм – величина затилування;

$r_i = 36,75$ мм – відстань від довільної точки різальної кромки до осі фрези;

$Z = 12$ – кількість зубів фрези.

Рішення:

1. За формулою (6.10) маємо:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{K Z}{2 \pi r_b} = \frac{3,5 \cdot 12}{2 \pi 36,75} = 0,1819.$$

2. Звідки маємо $\alpha = 10^\circ 19'$.

6.5.2 Подвійне затилування

Для підвищення точності і стійкості затилованих фрез їх піддають термічному обробленню, після чого доцільно здійснити заточування інструмента абразивним кругом по задній поверхні.

Це можна зробити, застосувавши подвійне затилування (рис. 6.13). Здійснюється подвійне затилування таким чином. Спочатку (до термічного оброблення) виконують затилування різцем на всій довжині зуба фрези з величиною затилування $K_1 = (1, 25 \dots 1, 7) K$.

Потім, після термічної обробки, здійснюють друге затилування шліфувальним кругом на ділянці BC довжині приблизно $1/3 \dots 2/3$ зуба з величиною затилування K .

Величину затилування K розраховують за формулою

$$K = \frac{2\pi r_b}{Z} \operatorname{tg} \alpha \quad (6.12)$$

де α – величина заднього кута;

Z – кількість зубів фрези;

r_b – радіус фрези у її вершинній точці (габаритний радіус інструмента).

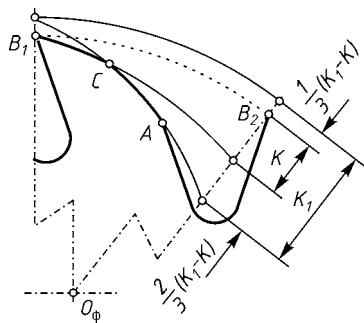


Рис. 6.13. Подвійне затилування

Величину затилування K_1 приймають в межах

$$K_1 = (1, 25 \dots 1, 7) K. \quad (6.13)$$

Застосування подвійного затилування виправдане і з погляду міцності зуба: переточування фрези проводиться зазвичай в межах двох третин товщини зуба.

6.5.3 Конструювання фасонних затіланих фрез

Фрези звичайної конструкції

Конструкція фасонних фрез з простим зубом наведена на рис. 6.14, величини параметрів у табл. 6.2. Решта розмірів – з конструктивних міркувань.

Фрези з посиленням зуба

Конструкція фасонних фрез з простим зубом наведена на рис. 6.15, величини параметрів у табл. 6.3. Решта розмірів – з конструктивних міркувань.

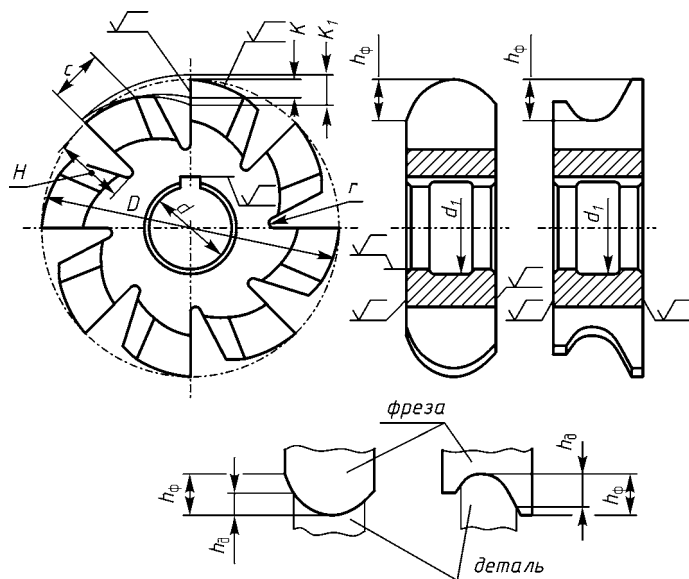


Рис. 6.14. Фрезы с простыми зубом:
 h_d – висота фасонного профілю деталі;
 h_ϕ – висота фасонного профілю фрези.

Табл. 6.2. Розміри фрез з простим зубом, мм

h_d	D	d	d_1	h_ϕ	H	Z	K	K_1	c	r
3	60	27	28	4	8	14	2	3	7	0,75
5	70	24	28	6	11	12	3	4	9	1,0
7	80	32	34	8	14	10	4	5	12	1,5
9	90	32	34	10	17	10	4,5	6	15	1,5
11	100	32	34	12	20	10	5	7	16	2,0
13	110	32	34	14	23	10	6	8	16	2,0
15	120	40	42	16	27	10	6,5	9	17	2,5
17	130	40	42	18	29	10	7	10	18	2,5
19	140	40	42	20	32	10	7,5	11	19	3,0
21	150	50	52	22	34	10	8	12	20	3,0
23	160	50	52	24	37	10	8,5	13	20	3,0

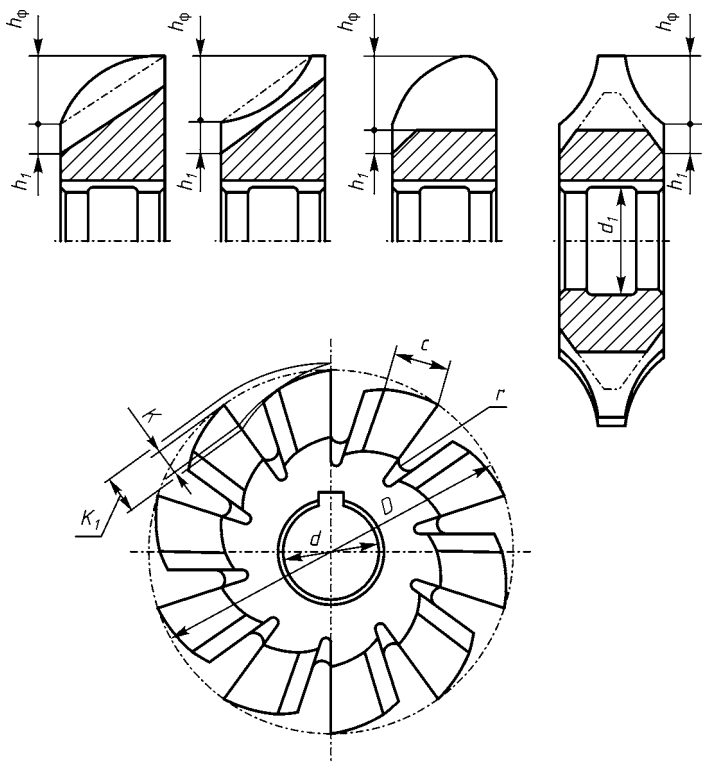


Рис. 6.15. Фрезы з посиленням зубом
 h_d – висота фасонного профілю деталі;
 h_ϕ – висота фасонного профілю зуба фрези.

Табл. 6.3. Розміри фрез з посиленням зубом, мм

h_d	D	d	d_1	h_Φ	Z	K	K_1	c	h_1	r
3	50	16	17	4	14	2,5	3,0	5,5	–	1,25
4	55	22	23	5		3,0	3,5	6,0	–	
5	60			6		3,5	4,0	7,5	5,0	
6	65			7		4,0	5,0	8,5	5,5	
7	70	27	28	8	12	4,0	5,0	9,0	5,5	1,5
8	75			9		4,5	5,5	9,5	6,0	
9	80			10		5,0	6,0	10,0	6,5	
10	85			11		5,0	6,0	11,0	6,5	
11	90	32	34	12	10	5,5	6,5	11,5	7,5	1,75
12,5	95			13,5		5,5	7,0	12,0	7,5	
14	100			15		6	7,5	13,0	8,0	
16	105			17		6,5	7,5	13,5	8,5	
18	110	40	42	19	10	6,5	8,5	17,0	8,5	2,0
20	115			21		7,0	9,0	17,5	9,0	
22	120			23		7,5	10,0	18,5	10,0	
25	130			26		8,0	11,0	20	10,5	
28	140	40	42	29	10	9,0	12,0	21,5	11,0	3,0
31	150			32		9,5	12,5	23,0	12,5	
34	160			35		10,0	12,5	25,0	13,0	

6.6 Стандарты на фрезы

ГОСТ 11291	Фрезы дереворежущие дисковые пазовые с напаянными пластинами. Технические условия
ГОСТ 11290	Фрезы дереворежущие дисковые пазовые. Технические условия
ГОСТ 21893	Фрезы дереворежущие затылованные радиусные. Конструкция и размеры
ГОСТ 8994	Фрезы дереворежущие концевые цилиндрические. Технические условия
ГОСТ 13235	Фрезы дереворежущие насадные с затылованными зубьями для обработки пазов и гребней. Конструкция и размеры
ГОСТ 18480	Фрезы дереворежущие насадные с затылованными зубьями для обработки четверти и кромки. Конструкция и размеры
ГОСТ 22749	Фрезы дереворежущие насадные с затылованными зубьями. Технические условия
ГОСТ 13932	Фрезы дереворежущие насадные цилиндрические сборные. Технические условия
ГОСТ 14956	Фрезы дереворежущие насадные цилиндрические сборные. Типы, основные параметры и размеры
ГОСТ 5808	Фрезы дисковые двусторонние и трехсторонние со вставными ножами, оснащенными твердым сплавом. Технические условия
ГОСТ 6469	Фрезы дисковые двусторонние со вставными ножами, оснащенными твердым сплавом. Конструкция и размеры
ГОСТ 16229	Фрезы дисковые двухсторонние со вставными ножами из быстрорежущей стали для обработки легких сплавов. Конструкция и размеры
ГОСТ 28281	Фрезы дисковые для нарезания зубьев звездочек к приводным роликовым и втулочным цепям. Технические условия
ГОСТ 20327	Фрезы дисковые для резки винипласта и органического стекла. Конструкция и размеры

ГОСТ 20325	Фрезы дисковые для резки листов из термопластичных пластмасс. Конструкция и размеры
ГОСТ 20326	Фрезы дисковые для резки органического стекла, полиэтилена и полистирола. Конструкция и размеры
ГОСТ 20318	Фрезы дисковые для резки пластмасс типа гетинакс. Конструкция и размеры
ГОСТ 20317	Фрезы дисковые для резки пластмасс типа текстолит. Конструкция и размеры
ГОСТ 20328	Фрезы дисковые для резки термопластичных пластмасс диаметром 315 и 400 мм. Конструкция и размеры
ГОСТ 13838	Фрезы дисковые зуборезные мелко модульные. Технические условия
ГОСТ 3964	Фрезы дисковые пазовые. Основные размеры
ГОСТ 28438	Фрезы дисковые с механическим креплением многогранных твердосплавных пластин. Технические условия
ГОСТ 28437	Фрезы дисковые с механическим креплением многогранных твердосплавных пластин. Типы и основные размеры
ГОСТ 20324	Фрезы дисковые с разнонаправленными зубьями для резки винипласта и органического стекла. Конструкция и размеры
ГОСТ 20321	Фрезы дисковые со вставными ножами, оснащенные твердосплавными пластинами, для резки пластмасс типов гетинакс, текстолит и стеклопластиков. Конструкция и размеры
ГОСТ 16227	Фрезы дисковые трехсторонние с разнонаправленными зубьями для обработки легких сплавов. Конструкция и размеры
ГОСТ 16228	Фрезы дисковые трехсторонние со вставными ножами из быстрорежущей стали для обработки легких сплавов. Конструкция и размеры
ГОСТ 5348	Фрезы дисковые трехсторонние со вставными ножами, оснащенными твердым сплавом. Конструкция и размеры

ГОСТ 28527	Фрезы дисковые трехсторонние. Типы и размеры
ГОСТ 20320	Фрезы дисковые, оснащенные твердосплавными пластинами, для разрезки пластмасс типов текстолит, гетинакс и стеклопластиков. Конструкция и размеры
ГОСТ 29118	Фрезы для обработки пазов типа "ласточкин хвост". Типы и размеры
ГОСТ 7063	Фрезы для обработки Т-образных пазов. Технические условия
ГОСТ 16226	Фрезы концевые двузубые с резбовым хвостовиком для обработки легких сплавов. Конструкция и размеры
ГОСТ 20536	Фрезы концевые диаметром от 10 до 20 мм с цилиндрическим хвостовиком, оснащенные винтовыми твердосплавными пластинами. Конструкция и размеры
ГОСТ 20537	Фрезы концевые диаметром от 12,5 до 50 мм с коническим хвостовиком, оснащенные винтовыми твердосплавными пластинами . Конструкция и размеры
ГОСТ 23248	Фрезы концевые для обработки деталей из высокопрочных сталей и титановых сплавов на станках с программным управлением. Конструкция и размеры
ГОСТ 23249	Фрезы концевые для обработки деталей из высокопрочных сталей, титановых и легких сплавов на станках с программным управлением. Технические условия
ГОСТ 23247	Фрезы концевые для обработки деталей из легких сплавов на станках с программным управлением. Конструкция и размеры
ГОСТ 16225	Фрезы концевые для обработки легких сплавов. Конструкция и размеры
ГОСТ Р 50572	Фрезы концевые и шпоночные с хвостовиком конусностью 7:24. Размеры
ГОСТ 29129	Фрезы концевые конические с цилиндрическим хвостовиком для обработки штампов. Размеры

ГОСТ 18943	Фрезы концевые конические твердосплавные удлиненные для труднообрабатываемых сталей и сплавов. Конструкция и размеры
ГОСТ 18938	Фрезы концевые конические твердосплавные цельные для труднообрабатываемых сталей и сплавов. Конструкция и размеры
ГОСТ 15086	Фрезы концевые обдирочные с коническими хвостовиками. Технические условия
ГОСТ 16231	Фрезы концевые радиусные с коническим хвостовиком для обработки легких сплавов. Конструкция и размеры
ГОСТ 20534	Фрезы концевые с коническим хвостовиком, оснащенные твердосплавными коронками. Конструкция и размеры
ГОСТ 17026	Фрезы концевые с коническим хвостовиком. Конструкция и размеры
ГОСТ 28435	Фрезы концевые с механическим креплением многогранных твердосплавных пластин. Основные размеры
ГОСТ 28436	Фрезы концевые с механическим креплением многогранных твердосплавных пластин. Технические условия
ГОСТ 20535	Фрезы концевые с резьбовым хвостовиком, оснащенные твердосплавными коронками. Конструкция и размеры
ГОСТ 28709	Фрезы концевые с удлиненной рабочей частью и винтовыми зубьями со сменными твердосплавными пластинами. Технические условия
ГОСТ 20533	Фрезы концевые с цилиндрическим хвостовиком, оснащенные твердосплавными коронками. Конструкция и размеры
ГОСТ 17025	Фрезы концевые с цилиндрическим хвостовиком. Конструкция и размеры
ГОСТ 18939	Фрезы концевые сферические грушевидные твердосплавные удлиненные для труднообрабатываемых сталей и сплавов. Конструкция и размеры

ГОСТ 18934	Фрезы концевые сферические грушевидные твердосплавные цельные для труднообрабатываемых сталей и сплавов. Конструкция и размеры
ГОСТ 18940	Фрезы концевые сферические эллипсовидные твердосплавные удлиненные для труднообрабатываемых сталей и сплавов. Конструкция и размеры
ГОСТ 18935	Фрезы концевые сферические эллипсовидные твердосплавные цельные для труднообрабатываемых сталей и сплавов. Конструкция и размеры
ГОСТ 18945	Фрезы концевые сферические эллипсовидные, оснащенные коронками из твердого сплава, для труднообрабатываемых сталей и сплавов. Конструкция и размеры
ГОСТ 18944	Фрезы концевые сферические, оснащенные коронками из твердого сплава, для труднообрабатываемых сталей и сплавов. Конструкция и размеры
ГОСТ 18949	Фрезы концевые сферические, цилиндрические и конические твердосплавные для труднообрабатываемых сталей и сплавов. Технические условия
ГОСТ 18947	Фрезы концевые сфероконические, оснащенные коронками из твердого сплава, для труднообрабатываемых сталей и сплавов. Конструкция и размеры
ГОСТ 18941	Фрезы концевые сфероцилиндрические твердосплавные удлиненные для труднообрабатываемых сталей и сплавов. Конструкция и размеры
ГОСТ 18936	Фрезы концевые сфероцилиндрические твердосплавные цельные для труднообрабатываемых сталей и сплавов. Конструкция и размеры
ГОСТ 18946	Фрезы концевые сфероцилиндрические, оснащенные коронками из твердого сплава, для труднообрабатываемых сталей и сплавов. Конструкция и размеры
ГОСТ 18372	Фрезы концевые твердосплавные. Технические условия

ГОСТ 20538	Фрезы концевые удлиненные диаметром от 20 до 50 мм с коническим хвостовиком, оснащенные винтовыми твердосплавными пластинами. Конструкция и размеры
ГОСТ 18942	Фрезы концевые цилиндрические твердосплавные удлиненные для труднообрабатываемых сталей и сплавов. Конструкция и размеры
ГОСТ 18937	Фрезы концевые цилиндрические твердосплавные цельные для труднообрабатываемых сталей и сплавов. Конструкция и размеры
ГОСТ 18948	Фрезы концевые цилиндрические, оснащенные коронками из твердого сплава, для труднообрабатываемых сталей и сплавов. Конструкция и размеры
ГОСТ 24637	Фрезы концевые, оснащенные винтовыми твердосплавными пластинами, для обработки деталей из высокопрочных сталей и титановых сплавов на станках с программным управлением. Конструкция и размеры
ГОСТ 20539	Фрезы концевые, оснащенные твердосплавными коронками и винтовыми пластинами. Технические условия
ГОСТ 17024	Фрезы концевые. Технические условия
ГОСТ 28719	Фрезы насадные торцово-цилиндрические с винтовыми зубьями со сменными твердосплавными пластинами. Технические условия
ГОСТ 16230	Фрезы отрезные для обработки легких сплавов. Конструкция и размеры
ГОСТ 20329	Фрезы отрезные для разрезки термореактивных и термопластичных пластмасс. Технические условия
ГОСТ 8543	Фрезы пазовые затылованные. Технические условия
ГОСТ 2679	Фрезы прорезные и отрезные. Технические условия
ГОСТ 1336	Фрезы резбовые гребенчатые. Технические условия
ГОСТ 10673	Фрезы с напаянными твердосплавными пластинами для обработки Т-образных пазов. Технические условия

ГОСТ 20319	Фрезы сегментные для резки пластмасс типов текстолит и гетинакс. Конструкция и размеры
ГОСТ 22088	Фрезы торцовые концевые с механическим креплением круглых твердосплавных пластин. Конструкция и размеры
ГОСТ 22087	Фрезы торцовые концевые с механическим креплением пятигранных твердосплавных пластин. Конструкция и размеры
ГОСТ 16222	Фрезы торцовые насадные для обработки легких сплавов. Конструкция и размеры
ГОСТ 9473	Фрезы торцовые насадные мелкозубые со вставными ножами, оснащенными пластинами из твердого сплава. Конструкция и размеры
ГОСТ 24360	Фрезы торцовые насадные со вставными ножами оснащенными пластинами из твердого сплава. Технические условия
ГОСТ 16223	Фрезы торцовые насадные со вставными ножами с твердосплавными пластинами для обработки легких сплавов. Конструкция и размеры
ГОСТ 24359	Фрезы торцовые насадные со вставными ножами, оснащенными пластинами из твердого сплава. Конструкция и размеры
ГОСТ 9304	Фрезы торцовые насадные. Типы и основные размеры
ГОСТ 27066	Фрезы торцовые насадные. Типы и присоединительные размеры
ГОСТ 26596	Фрезы торцовые нерегулируемые с клиновым креплением многогранных твердосплавных пластин. Технические условия
ГОСТ 26595	Фрезы торцовые с механическим креплением многогранных пластин. Типы и основные размеры
ГОСТ 50181	Фрезы угловые двухсторонние. Размеры
ГОСТ 9305	Фрезы фасонные полукруглые выпуклые, вогнутые и радиусные. Технические условия

ГОСТ 1695	Фрезы цельные торцовые, насадные, дисковые трехсторонние и дисковые пазовые. Технические условия
ГОСТ 29092	Фрезы цилиндрические. Технические условия
ГОСТ 16463	Фрезы шпоночные цельные твердосплавные. Технические условия
ГОСТ 9140-78	Фрезы шпоночные. Технические условия

Список літератури

1. Солодкий В. І. Основи формоутворення поверхонь різанням / В.І. Солодкий, Д. О. Красновид, О. А. Плівак. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – С. 275–307.
2. Солодкий В.І. Різальний інструмента. Лабораторний практикум. // В.І. Солодкий, О.А. Плівак // Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – С. 223–253.
3. Комлев А.П. Справочник молодого фрезеровщика. Минск, 1981, - 288 с.
4. П.Р. Родин. Металлорежущие инструменты. Киев "Вища школа", 1974, 400 с.
5. ГОСТ 9140 Фрезы шпоночные. Технические условия.
6. ГОСТ 29092 Фрезы цилиндрические. Технические условия.
7. ГОСТ 50181 Фрезы угловые двухсторонние. Размеры.
8. ГОСТ 26595 Фрезы торцовые с механическим креплением многогранных пластин. Типы и основные размеры.
9. ГОСТ 2679 Фрезы прорезные и отрезные. Технические условия.
10. ГОСТ 17024 Фрезы концевые. Технические условия.

7 ОБРОБЛЕННЯ ОТВОРІВ

Для обробки отворів використовуються різні види інструментів: свердла, зенкери, розвертки, розточувальні головки, борштанги та інші.

Найбільш поширеними є свердла, зенкери та розвертки. Свердла застосовуються для обробки отворів в суцільному матеріалі або для збільшення діаметру наявного отвору. Зенкери і розвертки використовують для подальшої обробки отворів з метою отримання підвищеної точності і чистоти обробленої поверхні.

7.1 Свердла

Найбільш поширеним інструментом для оброблення отворів є стандартне спіральне свердло (рис. 7.1), що складається з наступних частин:

- робоча частина, що включає різальну та таку, що направляє;
- шийка для виходу інструмента при шліфуванні свердла і нанесення маркування;
- хвостовик, який може бути конічним або циліндровим (для діаметрів до 10 мм).

Передня поверхня свердла – гвинтова, по ній відводиться стружка, задня може бути конічною, гвинтовою або плоскою. У свердла два зуби, тому – дві передні і дві задні поверхні, перетин яких утворюють дві головні різальні кромки.

На циліндровій поверхні робочої частини свердла – вузька смужка шириною f – стрічка, що направляє свердла при свердлінні. Перетин стрічки і передньої поверхні утворює допоміжну різальну кромку.

Поперечна кромка повинна бути розташована строго по осі. Геометричні параметри свердла включають:

- кут при вершині 2φ , залежний від міцності оброблюваного матеріалу (для чавуну і сталі $2\varphi = 116...118^\circ$);
- кут нахилу гвинтової стружкової канавки ω для стандартних свердел $\omega = 18...30^\circ$;

- передній кут γ по довжині головної різальної кромки змінний: максимальний – на периферії, мінімальний – біля осі;
- задній кут α теж змінний¹²:
 - на периферії приблизно $\alpha \approx 8^\circ$,
 - біля осі $\alpha \approx 25^\circ$;
- кут нахилу поперечної різальної кромки $\psi = 50...55^\circ$.

Під час роботи свердла виникають похибки обробки, можлива поява овальності отвору, конусності, викривлення осі. Величина їх залежить від розмірів отвору (діаметр і довжина), від властивостей оброблюваного матеріалу і режимів обробки. Точність свердління знаходиться в межах 12...14 квалітету.

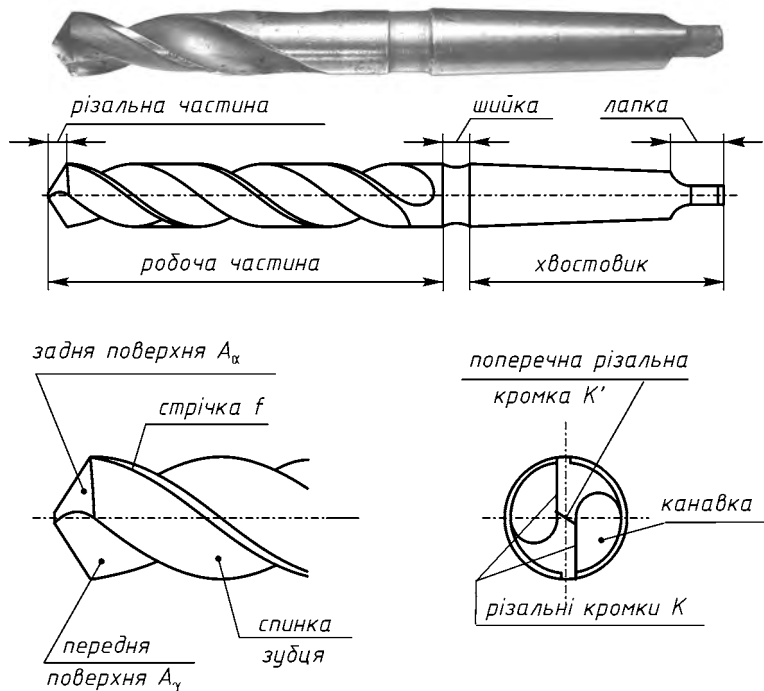


Рис. 7.1. Стандартне спіральне свердло

¹²Загалом величина та характер розподілу задніх кутів залежить від способу заточування свердла.

Зазвичай спіральні свердла виготовляють з швидкорізальної сталі. Разом з швидкорізальними використовуються твердосплавні свердла, оснащені пластинами твердого сплаву. Використовуються вони в основному для свердління чавуну або неметалічних матеріалів.

7.1.1 Проектний розрахунок

Проектний розрахунок спірального свердла доцільно виконати в такій послідовності.

1. Вихідні дані:

d – зовнішній діаметр свердла, мм;

σ_B – допустиме напруження матеріалу деталі, кгс/мм² (МПа).

2. Допустима подача s , з якою може працювати свердло заданого діаметру, залежить від оброблюваного матеріалу:

– сталь конструкційна $\sigma_B < 80$ кгс/мм² (784 МПа)

$$s = 0,0531 d^{0,655}. \quad (7.1)$$

– сталь конструкційна $\sigma_B > 80$ кгс/мм² (784 МПа)

$$s = 0,0407 d^{0,629}. \quad (7.2)$$

– чавун сірий $HB < 200$

$$s = 0,102 d^{0,712}. \quad (7.3)$$

3. Крутний момент $M_{кр}$ що виникає під час роботи свердла

$$M_{кр} = C_m d^m s^n K_M \quad (7.4)$$

де залежно від матеріалу деталі :

	C_m	m	n
сталь конструкційна	34,8	2.0	0.8
чавун	12,0	2.2	

Коефіцієнт K_M
$$K_M = \left(\frac{\sigma_B}{75} \right)^{0,75}.$$

4. Осьове зусилля різання

$$P_x = C_p D^q s^y K_M \quad (7.5)$$

де залежно від матеріалу деталі :

	C_p	q	g
сталь конструкційна	68	1.0	0,7
чавун	142	1.2	0,75

Коефіцієнт K_M
$$K_M = \left(\frac{\sigma_B}{75} \right)^{0,75}.$$

5. Середній діаметр $d_{\text{сер}}$ конусу Морзе, який передає¹³ крутний момент

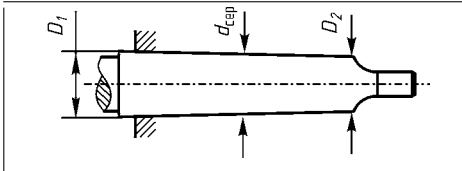
$$d_{\text{сер}} = \frac{6M_{\text{кр}} \sin \Theta}{0,8\mu P_x} \quad (7.6)$$

де Θ – середня величина кута конусу Морзе $\Theta = 1^\circ 30'$;

μ – коефіцієнт тертя між хвостовиком інструмента і шпинделем $\mu = 0,096$.

6. За розрахованою величиною середнього діаметру $d_{\text{сер}}$ конуса Морзе приймаємо його номер (табл. 7.1).

Табл. 7.1. Параметри конуса Морзе

			
Морзе №	D_1 , мм	D_2 , мм	$d_{\text{сер}}$, мм
0	9,2	6,1	7,7
1	12,2	9,0	10,6
2	18,0	14,0	16,0
3	24,0	19,1	21,5
4	31,5	25,2	28,4
5	44,7	36,5	40,6
6	63,8	52,4	58,1

Приклад 7.1 (Проектування свердла).

Визначити номер конусу Морзе для свердла яке утворює отвір діаметром 25 мм у сталі що має $\sigma = 45 \text{ кг/мм}^2$ (441 МПа). Величина подачі становить 0,4 мм/об.

¹³У формулу закладено коефіцієнт запасу рівний 3.

Вихідний дані:

$D = 25 \text{ мм}$ діаметр свердла;

$s = 0,4 \text{ мм}$ подача, мм/об.

Рішення:

1. Крутний момент $M_{\text{кр}}$ що виникає під час роботи свердла

$$M_{\text{кр}} = C_m D^m s^n K_M = 34,8 \cdot 20^{2,0} 0,4^{0,8} \left(\frac{45}{75} \right)^{0,75} = 7594 \text{ кг} \cdot \text{мм}$$

або у ньютонно-метрах $M_{\text{кр}} = 74,5 \text{ Н} \cdot \text{м.}$

2. Осьове зусилля різання

$$P_x = C_p D^q s^y = 68 \cdot 20^{1,0} 0,4^{0,7} \left(\frac{45}{75} \right)^{0,75} = 488 \text{ кг}.$$

3. Середній діаметр $d_{\text{ср}}$ конусу Морзе

$$d_{\text{ср}} = \frac{6 M_{\text{кр}} \sin \Theta}{0,8 \mu P_x} = \frac{6 \cdot 7594 \cdot \sin 1^\circ 30'}{0,8 \cdot 0,096 \cdot 488} = 31,8 \text{ мм.}$$

4. За табл. для $d_{\text{ср}} = 31,8 \text{ мм}$ приймаємо конус Морзе №4.

5. Отже, для свердління отвору діаметром 20 мм у сталі, що має $\sigma = 45 \text{ кг/мм}^2$ використовуючи подачу $s = 0,4 \text{ мм/об}$ необхідно застосувати конус Морзе №4.

Приклад оформлення кресленика свердла подано на рис. 7.2.

7.1.2 Інструмент другого порядку

Під час виготовлення спіральних свердел для утворення стружкових канавок в якості інструмента другого порядку використовують дискові фасонні фрези.

За спрощеною методикою профілювання профіль фасонної фрези можливо окреслити дугами за рис. 7.3.

Визначений за поданою методикою профіль не є оптимальним, але є придатним для практичного застосування.

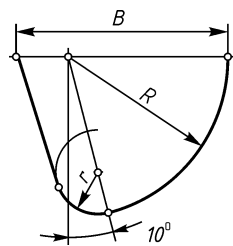
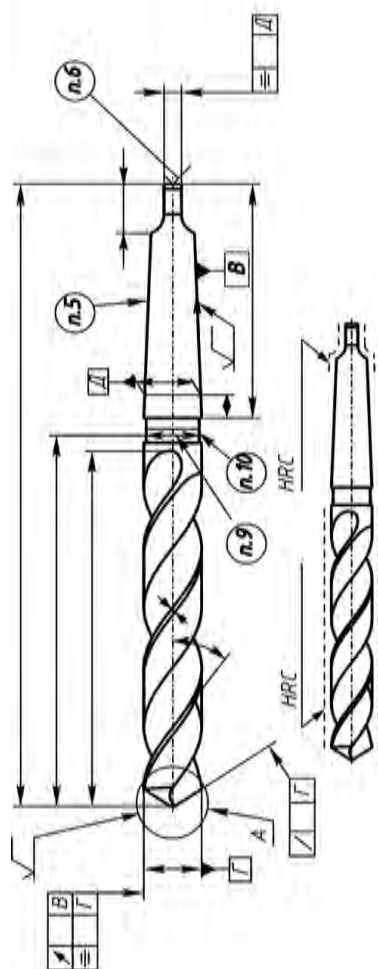


Рис. 7.3. Профіль фрези



- Крок гвинтової канавки $T = \text{мм}$.
1. Матеріал різальної частини – сталь Р5М5 ГОСТ 19265-73
 2. Матеріал хвостової частини – сталь 40Х ДСТУ 7806:2015
 3. Твердість різальної частини HRC 62 – 65
 4. Твердість хвостової частини HRC 35 – 40
 5. Конуса Морзе 3 AT8 – за ДСТУ ГОСТ 25557:2008 (ISO 296:1991)
 6. Центровий отвір В 3,15 – за ДСТУ ГОСТ 14034-2008
 7. ДСТУ ISO 2768 – mK
 8. Решта технічних вимог – за ГОСТ 2034-80
 9. Зварювання контактного штифта
 10. Маркування: товарний знак підприємства-виробника; номінальний діаметр; марка матеріалу різальної частини; клас точності

Рис. 7.2. Креслення свердла

1. Вихідні параметри:

- D – діаметр свердла, мм;
 φ – кут при вершині свердла, град;
 ω – кут нахилу стружкової канавки, град;
 d_0 – діаметр серцевини свердла, мм;
 $D_{\text{фр}}$ – діаметр фрези, мм.

2. Радіуси, що описують фасонний профіль фрези:

$$R = C_R C_r C_F D \quad (7.7)$$

$$r = C_k D \quad (7.8)$$

де

$$C_R = \frac{0,026 \cdot 2\varphi \sqrt[3]{2\varphi}}{\omega} \quad (7.9)$$

$$C_r = \left(\frac{0,14 D}{d_0} \right)^{0,044} \quad (7.10)$$

$$C_F = \left(\frac{13\sqrt{D}}{D_{\text{фр}}} \right)^{\frac{0,9}{\omega}} \quad (7.11)$$

$$C_k = 0,015 \omega^{0,75} \quad (7.12)$$

3. Ширина фрези

$$B = R + r \quad (7.13)$$

Приклад 7.2 (Фреза для стружкових канавок свердла).

Вихідні дані:

- $D = 20$ мм – діаметр свердла;
 $\varphi = 59^\circ$ – кут при вершині свердла;
 $\omega = 30^\circ$ – кут нахилу стружкової канавки;
 $d_0 = 3$ мм – діаметр серцевини свердла;
 $D_{\text{фр}} = 63$ мм – діаметр фрези.

Рішення:

1. Коефіцієнти:

$$C_R = \frac{0,026 \cdot 2\varphi \sqrt[3]{2\varphi}}{\omega} = \frac{0,026 \cdot 2 \cdot 59 \sqrt[3]{2 \cdot 59}}{30} = 0,50 \quad (7.14)$$

$$C_r = \left(\frac{0,14 D}{d_0} \right)^{0,044} = \left(\frac{0,14 \cdot 20}{3} \right)^{0,044} = 0,99 \quad (7.15)$$

$$C_F = \left(\frac{13\sqrt{D}}{D_{\text{фр}}} \right) \frac{0,9}{\omega} = \left(\frac{13\sqrt{20}}{63} \right) \frac{0,9}{30} = 1 \quad (7.16)$$

$$C_k = 0,015 \omega^{0,75} = 0,015 \cdot 30^{0,75} = 0,19 \quad (7.17)$$

2. Радіуси, що описують фасонний профіль фрези:

$$R = C_R C_r C_F D = 0,50 \cdot 0,99 \cdot 1 \cdot 20 = 9,9 \text{ мм} \quad (7.18)$$

$$r = C_k D = 0,19 \cdot 20 = 3,8 \text{ мм} \quad (7.19)$$

3. Ширина фрези

$$B = R + r = 9,9 + 3,8 = 13,7 \text{ мм} \quad (7.20)$$

7.1.3 Допуски на виготовлення

Допуск на діаметральний розмір стандартного спірального свердла виготовленого із інструментальної сталі приймають за такими величинами:

Номинальний діаметр, мм	Допуск, мм	Номинальний діаметр, мм	Допуск, мм
0,50... 0,75	0,015	10... 18	0,043
0,75... 1	0,020	18... 30	0,052
1... 3	0,025	30... 50	0,062
3... 6	0,030	50... 80	0,075
6... 10	0,035		

Зауваження. Допуск на виготовлення свердла розташують тільки у мінус (в тіло свердла).

Зворотна конусність робочої частини залежить від діаметра інструмента і повинна знаходитись у межах:

свердла до 6 мм	0,03...0,08 мм
свердла від 6 до 18 мм	0,04...0,10 мм
свердла більше 18 мм.....	0,05...0,12 мм

Радіальне биття робочої частини відносно осі хвостовика не повинно перебільшувати величин:

Діаметр свердла, мм	Биття, мм
до 20	0,08
від 20 до 50	0,12
більше 50	0,15

Биття різальних кромок виміряне по нормалі до них, рекомендовано не перебільшувати величин:

Діаметр свердла, мм	Биття, мм
до 8	0,12
від 8 до 20	0,15
від 20 до 30	0,18

Зауваження. Чим більше биття різальних кромок, тим більшим буде діаметр обробленого отвору (кажуть свердло розбиває отвір).

7.2 Зенкери

Зенкери застосовуються для отримання отворів 9...10 квалитету і меншої шорсткості, ніж при свердлінні (рис. 7.4).

Зенкером можна обробляти крізні і глухі заздалегідь оброблені отвори для отримання:

- більшого діаметру (рис. 7.5,а);
- циліндрові поглиблення під головки болтів і гвинтів (рис. 7.5,б);
- конусні фаски на краях отворів (рис. 7.5,в);
- і торцеві поверхні (рис. 7.5,г).

Припуск та зубці

Робоча частина зенкера видаляє припуск 1...4 мм, складається із зубів ($z = 3...6$) з ріжучою і направляючою частиною, які зазвичай виконуються гвинтовими під кутом $\omega = 10...25^\circ$.

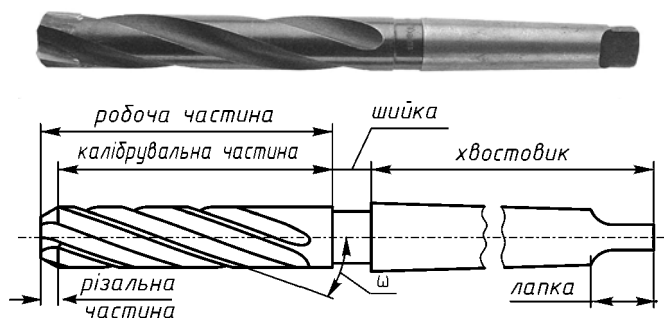


Рис. 7.4. Стандартний зенкер

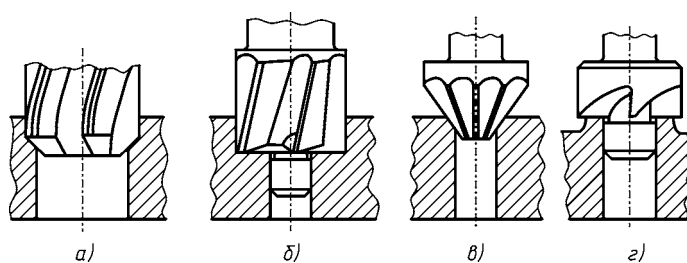


Рис. 7.5. Типи зенкерів

- а* – отримання отвору більшого діаметра;
- б* – поглиблення під головки болтів;
- в* – утворення фасок для “таємних” гвинтів;
- г* – утворення торцевої поверхні під болт.

Серцевина

Серцевина зенкера більша, ніж у свердла, тому зенкер, за рахунок своєї жорсткості, дозволяє усунути похибки свердлування.

Геометричні параметри

Геометричні параметри зенкерів:

- передній кут $\gamma = 0...10^\circ$;
- задній кут вимірюється в нормальному перетині головної різальної кромки або в осьовому і складає $6...15^\circ$
- на калібрувальній частині задній кут $\alpha = 0$, оскільки є циліндрова фаска. Ця частина також має зворотну конусність.

Приклад кресленика зенкера подано на рис. 7.6.

7.3 Розвертки

Розвертки застосовують для фінішної обробки отворів після свердління, зенкування або розточування для отримання високої точності (6...8 квалітет) і шорсткості ($Ra = 1,25...0,16$ мкм) поверхні отвору. Розвертка може бути машинною (рис.7.7) або ручною (рис.7.8).

Припуск

Припуск на розвертування, залежно від типу оброблення, становить:

- для чорнових розверток 0,07...0,25 мм на сторону;
- для чистових розверток 0,03...0,12 мм на сторону.

Кількість зубів у розвертки 6...12 зазвичай парне.

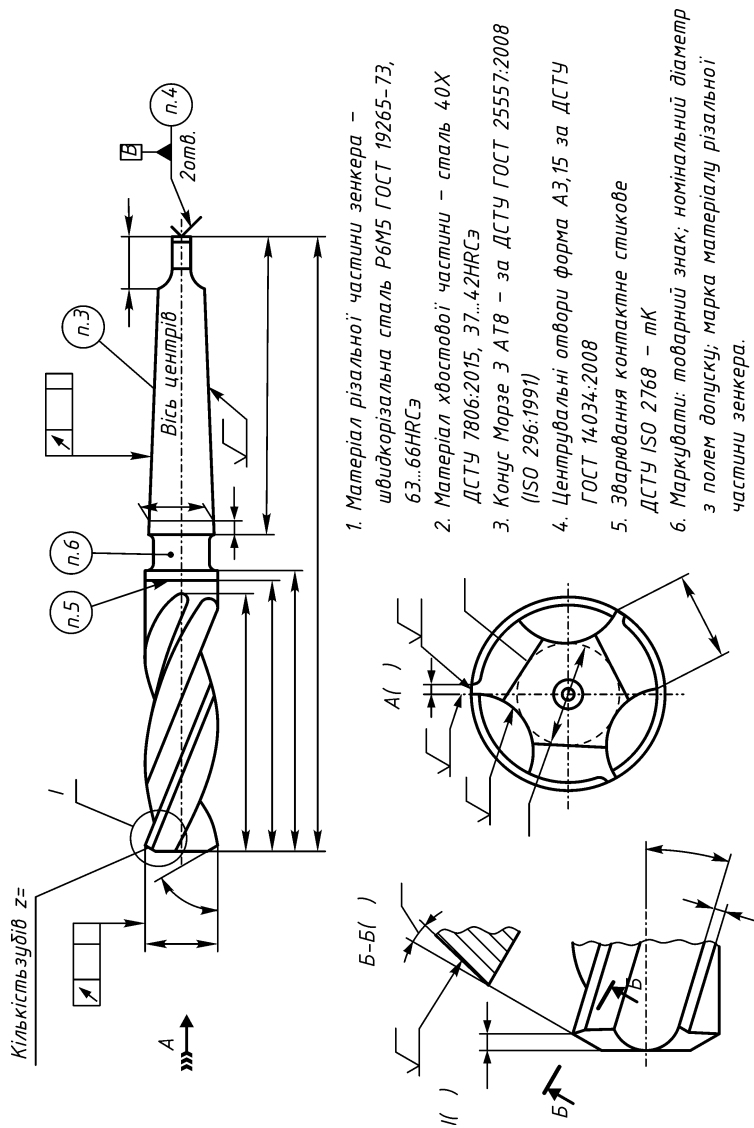
Передній кут

Передній кут γ у чистових розверток (через малу товщину зрізаного шару) дорівнює нулю, у чорнових $\gamma = 0...15^\circ$.

Задній кут

Задній кут α різний на різних частинах інструмента:

- на різальній частині задній кут становить $6...15^\circ$,
- на калібрувальній частині задній кут дорівнює нулю. Це обумовлено тим, що задні поверхні калібрувальної частини розвертки є циліндровою поверхнею (циліндрова фаска).



1. Матеріал різальної частини зенера – швидкорізальна сталь Р6М5 ГОСТ 19265-73, 63...66HRCз
2. Матеріал хвостової частини – сталь 40Х ДСТУ 7806:2015, 37...42HRCз
3. Конус Морзе 3 АТ8 – за ДСТУ ГОСТ 25557:2008 (ISO 296:1991)
4. Центрувальні отвори форма АЗ,15 за ДСТУ ГОСТ 14034:2008
5. Зварювання контактне стикове ДСТУ ISO 2768 – mK
6. Маркувати: товарний знак; номінальний діаметр з полем допуску; марка матеріалу різальної частини зенера.

Рис. 7.6. Кресленник зенера

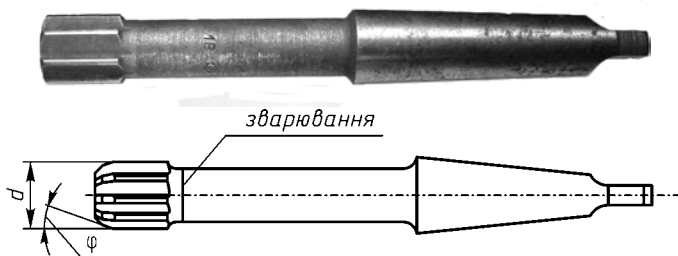


Рис. 7.7. Розвертка машинна



Рис. 7.8. Розвертка ручна

Забірний кут

Забірний кунос (головний кут в плані) ϕ , при обробці крізних отворів:

- для ручних розверток $\phi = 1...2^\circ$;
- для машинних розверток $\phi = 5...15^\circ$.

Зворотна конусність

Калібрувальна частина розвертки має зворотну конусність у межах третини допуску на її діаметральний розмір. Це обумовлене тим, що у разі наявності прямої конусності розвертка утворить не циліндричний, а конічний отвір.

7.3.1 Проектування розверток

Вибір основних конструктивних елементів розверток здійснюють у такій послідовності.

1. Діаметр розвертки D залежить від діаметру отвору D_o , допуску Δ на отвір що утворюють та величини розбивки P

$$D = D_o + \Delta + P \quad (7.21)$$

Схема розташування полів допусків на діаметр розвертки наведе-
на на рис.7.9. На якому:

IT_o – допуск на виготовлення оброблюваного отвору;

P_{max} – найбільша величина розбиття при обробленні;

P_{min} – найменша величина розбиття при обробленні;

δ_B – допуск на виготовлення розвертки;

δ_z – запас на знос розвертки в процесі експлуатації.

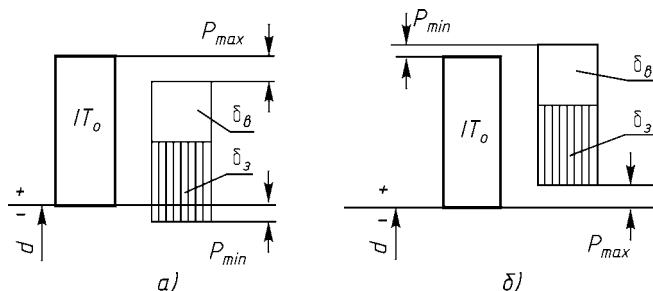


Рис. 7.9. Допуски розвертки

Параметри P_{max} та P_{min} визначають експериментально обробив-
ши невелику пробну партію деталей (3...5 деталей). Співвідношення
 δ_B до δ_z приблизно як 1 до 3.

Треба відзначити, що параметри P_{max} та P_{min} розбиття отвору
залежать від досить значної кількості факторів. Насамперед це ха-
рактеристики рідини, яку використовують під час роботи розвертки.
Найкращий склад рідини для застосування при розвертуванні – на
основі мастил.

2. Діаметр d_1 зворотного конусу. Калібрувальна частина розвер-
тки має конічну форму – зворотну конусність. Діаметр d_1 меншої
частини конусу визначають як

$$d_1 = d_{max} - \frac{1}{3}\delta_B \text{ мм}$$

де d_{max} – найбільший виконавчий розмір розвертки;

δ_B – допуск на виготовлення розвертки.

3. Діаметр початку заборного конусу $d_{\text{заб}}$ залежить від типу розвертки:

— для ручних розверток

$$d_{\text{заб}} = d_{\text{max}} - (0, 2 \dots 0, 4) \quad (7.22)$$

— для машинних розверток

$$d_{\text{заб}} = d_{\text{max}} - (0, 5 \dots 1, 0) \quad (7.23)$$

де d_{max} – найбільший виконавчий розмір розвертки.

4. Кут φ при вершині розвертки залежить від типу розвертки:

– для ручних розверток

$$\varphi = 0^\circ 30' \dots 1^\circ 30'; \quad (7.24)$$

– для машинних розверток

$$\varphi = 12^\circ \dots 15^\circ; \quad (7.25)$$

– для розверток що обробляють глухі отвори

$$\varphi = 45^\circ. \quad (7.26)$$

У місці стику забірної частини та калібрувальної утворюють плавну перехідну криву.

5. Довжина $l_{\text{заб}}$ заборної частини становить

$$l_{\text{заб}} = \frac{D - d_{\text{заб}}}{2} \operatorname{ctg} \varphi + m \quad (7.27)$$

де $m = 1 \dots 3$ мм (залежно від діаметру розвертки).

6. Довжина $l_{\text{роб}}$ робочої частини розверки

$$l_{\text{роб}} = (0, 8 \dots 7) D. \quad (7.28)$$

7. Кількість Z зубів розвертки можливо розрахувати

$$Z = 1, 5\sqrt{D} + (2 \dots 4) \quad (7.29)$$

або призначити

D , мм	3...10	10...20	20...30	30...45	45 та більше
Z	6	8	10	12	14

8. Задній кут α залежить від типу розвертки:

для чистових розверток	$\alpha = 6...8^\circ$
для чорнових розверток	$\alpha = 8...10^\circ$

9. Передній кут γ приймають

для чистових розверток	$\gamma = 0^\circ$
для чорнових розверток	$\gamma = 5...10^\circ$

10. Інші розміри призначають з конструктивних міркувань.

Приклад 7.3 (Розрахунок розвертки).

Розрахувати діаметральні та основні конструктивні параметри циліндричної ручної розвертки для оброблення заданого отвору. Попередньо експериментально встановлено, що процес розвертування супроводжується розбиттям отвору деталі .

Вихідні дані:

$D = 14$ мм	номінальний діаметр обробленого отвору;
$es = + 0,07$ мм	верхнє відхилення розміру отвору;
$ei = - 0,02$ мм	нижнє відхилення розміру отвору;
$P_{max} = + 0,006$ мм	найбільша величина розбивки отвору;
$P_{min} = + 0,003$ мм	найменша величина розбивки отвору.

Рішення:

1. Виконавчі розміри розверки.

1.1. Найбільший виконавчий діаметр d_{max} розвертки

$$d_{max} = D + es - P_{max} = 20 + 0,07 - 0,006 = 20,064 \text{ мм.}$$

1.2. Найменший попередній діаметр $d_{min}^{поп}$ розвертки (без врахування допуску на знос розвертки в процесі її експлуатації)

$$d_{min}^{поп} = D + ei - P_{min} = 20 + -0,02 - 0,003 = 19,977 \text{ мм.}$$

1.3. Допуск на розвертування Δ

$$\Delta = d_{max} - d_{min}^{поп} = 20,064 - 19,977 = 0,087 \text{ мм.}$$

1.4. Допуск на виготовлення розвертки δ_B

$$\delta_B = \Delta \frac{1}{3} = 0,087 \cdot \frac{1}{3} = 0,029 \text{ мм.}$$

1.5. Найменший виконавчий діаметр d_{min} розвертки

$$d_{min} = d_{max} - \delta_3 = 20,064 - 0,029 = 20,035 \text{ мм.}$$

2. Діаметр початку заборного конусу $d_{заб}$ залежить від типу розвертки (для ручних розверток)

$$d_{заб} = d_{max} - (0,2 \dots 0,4) = 20,064 - 0,3 = 19,764 = 19,7 \text{ мм.}$$

3. Кут φ заборного конусу при вершині ручної розвертки

$$\varphi = 1^\circ 30'.$$

4. Довжина $l_{заб}$ забірної частини становить

$$\begin{aligned} l_{заб} &= \frac{D - d_{заб}}{2} \operatorname{ctg} \varphi + m = \\ &= \frac{20 - 19,7}{2} \operatorname{ctg} 1^\circ 30' + 3 = 8,73 = 9 \text{ мм} \end{aligned}$$

де $m = 1 \dots 7$ мм “запас довжини” (залежно від діаметру розвертки).

5. Довжина $l_{роб}$ робочої частини розверки

$$l_{роб} = (0,8 \dots 7)D = 3 \cdot 20 = 60 \text{ мм.}$$

6. Кількість Z зубів розвертки можливо розрахувати

$$Z = 1,5\sqrt{D} + (2 \dots 4) = 1,5\sqrt{20} + 3 = 12,7 = 12$$

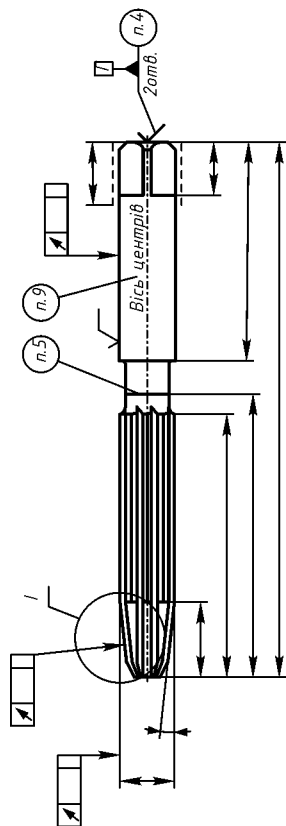
7. Задній кут α для чистової розвертки

$$\alpha = 6 \dots 8^\circ = 7^\circ$$

8. Передній кут γ для чистової розвертки

$$\gamma = 0^\circ$$

9. Інші розміри призначають з конструктивних міркувань. Приклад кресленика розвертки подано на рис. 7.10.



1. Матеріал різальної частини розвертки – швидкорізальна сталь Р6М5 ГОСТ 19265-73, 63..66HRCз
2. Матеріал хвостової частини – сталь 40Х ДСТУ 7806:2015, 37..42HRCз
3. Розміри квадрата – за ДСТУ ГОСТ 9523:2008
4. Центрувальні отвори форма А3,15 за ДСТУ ГОСТ 14.034:2008
5. Зварювання контактне стикове
6. Граничне відхилення діаметра чистових розверток за ГОСТ 13779
7. Профіль канавок та нерівномірність розбійки кроку зчубів розвертки – за ГОСТ 7722
8. ДСТУ ISO 2768 – mK
9. Маркувати: товарний знак; номінальний діаметр з полем допуску; чотири цифри позначення; марка матеріалу різальної частини розвертки

Рис. 7.10. Креслення розвертки

7.4 Стандарти на інструмент

7.4.1 Стандарти на свердла

ГОСТ 22057	Сверла спиральные дереворежущие. Технические условия
ГОСТ 12121	Сверла спиральные длинные с коническим хвостовиком. Основные размеры
ГОСТ 19548	Сверла спиральные для обработки легких сплавов. Технические условия
ГОСТ 20698	Сверла спиральные для обработки труднообрабатываемых материалов. Технические условия
ГОСТ 19545	Сверла спиральные левые с цилиндрическим хвостовиком для обработки легких сплавов. Конструкция
ГОСТ 8034	Сверла спиральные малоразмерные диаметром от 0,1 до 1,5 мм с утолщенным цилиндрическим хвостовиком. Технические условия
ГОСТ 19546	Сверла спиральные с коническим хвостовиком для обработки легких сплавов. Конструкция
ГОСТ 20696	Сверла спиральные с коническим хвостовиком для труднообрабатываемых материалов. Короткая серия. Конструкция и размеры
ГОСТ 20697	Сверла спиральные с коническим хвостовиком для труднообрабатываемых материалов. Средняя серия. Конструкция и размеры
ГОСТ 22736	Сверла спиральные с коническим хвостовиком, оснащенные пластинами из твердого сплава. Основные размеры
ГОСТ 10903	Сверла спиральные с коническим хвостовиком. Основные размеры
ГОСТ 12122	Сверла спиральные с коротким цилиндрическим хвостовиком. Длинная серия. Основные размеры
ГОСТ 5756	Сверла спиральные с твердосплавными пластинами. Технические условия
ГОСТ 19544	Сверла спиральные с цилиндрическим хвостовиком для обработки легких сплавов. Длинная серия. Конструкция

ГОСТ 19543	Сверла спиральные с цилиндрическим хвостовиком для обработки легких сплавов. Средняя серия. Конструкция
ГОСТ 20694	Сверла спиральные с цилиндрическим хвостовиком для труднообрабатываемых материалов. Короткая серия. Конструкция и размеры
ГОСТ 20695	Сверла спиральные с цилиндрическим хвостовиком для труднообрабатываемых материалов. Средняя серия. Конструкция и размеры
ГОСТ 22735	Сверла спиральные с цилиндрическим хвостовиком, оснащенные пластинами из твердого сплава. Основные размеры
ГОСТ 886	Сверла спиральные с цилиндрическим хвостовиком. Длинная серия. Основные размеры
ГОСТ 4010	Сверла спиральные с цилиндрическим хвостовиком. Короткая серия. Основные размеры
ГОСТ 10902	Сверла спиральные с цилиндрическим хвостовиком. Средняя серия. Основные размеры
ГОСТ 28319	Сверла спиральные ступенчатые для отверстий под винты с цилиндрической головкой. Основные размеры
ГОСТ 28320	Сверла спиральные ступенчатые для отверстий под метрическую резьбу. Основные размеры
ГОСТ 19547	Сверла спиральные удлиненные с коническим хвостовиком для обработки легких сплавов. Конструкция
ГОСТ 2092	Сверла спиральные удлиненные с коническим хвостовиком. Основные размеры
ГОСТ 17276	Сверла спиральные цельные твердосплавные с коническим хвостовиком. Конструкция и размеры
ГОСТ 17273	Сверла спиральные цельные твердосплавные укороченные. Конструкция и размеры
ГОСТ 17274	Сверла спиральные цельные твердосплавные. Короткая серия. Конструкция и размеры
ГОСТ 17275	Сверла спиральные цельные твердосплавные. Средняя серия. Конструкция и размеры

ГОСТ 17277	Сверла спиральные цельные твердосплавные. Технические условия
ГОСТ 885	Сверла спиральные. Диаметры
ГОСТ 2034	Сверла спиральные. Технические условия
ГОСТ 14952	Сверла центровочные комбинированные. Технические условия

7.4.2 Стандарты на зенкеры

ГОСТ 21586	Зенкеры для обработки отверстий диаметром от 3 до 80 мм в деталях из легких сплавов. Допуски на диаметр
ГОСТ 21584	Зенкеры насадные для обработки деталей из легких сплавов. Конструкция и размеры
ГОСТ 2255	Зенкеры насадные со вставными ножами из быстрорежущей стали. Конструкция и размеры
ГОСТ 21585	Зенкеры насадные, оснащенные твердосплавными пластинами для обработки деталей из легких сплавов. Конструкция и размеры
ГОСТ 21581	Зенкеры с коническим хвостовиком для обработки деталей из легких сплавов. Конструкция и размеры
ГОСТ 21583	Зенкеры с коническим хвостовиком, оснащенные твердосплавными пластинами, для обработки деталей из легких сплавов. Конструкция и размеры
ГОСТ 21579	Зенкеры с цилиндрическим хвостовиком для обработки деталей из легких сплавов. Конструкция и размеры
ГОСТ 21541	Зенкеры со вставными ножами, оснащенные твердосплавными пластинами, для обработки деталей из нержавеющей и жаропрочных сталей и сплавов. Конструкция и размеры
ГОСТ 21582	Зенкеры торцовые с коническим хвостовиком для обработки деталей из легких сплавов. Конструкция и размеры
ГОСТ 21580	Зенкеры торцовые с цилиндрическим хвостовиком для обработки деталей из легких сплавов. Конструкция и размеры

ГОСТ 1677	Зенкеры цельные и со вставными ножами из быстрорежущей стали. Технические условия
ГОСТ 21544	Зенкеры цельные твердосплавные с коническим хвостовиком для обработки деталей из нержавеющей и жаропрочных сталей и сплавов. Конструкция и размеры
ГОСТ 21543	Зенкеры цельные твердосплавные с цилиндрическим хвостовиком для обработки деталей из нержавеющей и жаропрочных сталей и сплавов. Конструкция и размеры
ГОСТ 21545	Зенкеры цельные, твердосплавные для обработки деталей из нержавеющей и жаропрочных сталей и сплавов. Технические условия
ГОСТ 12489	Зенкеры цельные. Конструкция и размеры
ГОСТ 21540	Зенкеры, оснащенные твердосплавными пластинами для обработки деталей из нержавеющей и жаропрочных сталей и сплавов. Конструкция и размеры
ГОСТ 21542	Зенкеры, оснащенные твердосплавными пластинами для обработки деталей из нержавеющей и жаропрочных сталей и сплавов. Технические условия
ГОСТ 3231	Зенкеры, оснащенные твердосплавными пластинами. Конструкция и размеры
ГОСТ 12509	Зенкеры, оснащенные твердосплавными пластинами. Технические условия
ГОСТ 14953	Зенковки конические. Технические условия

7.4.3 Стандарты на развертки

ГОСТ 11181	Развертки конические под укороченные конусы Морзе. Конструкция и размеры
ГОСТ 10079	Развертки конические с коническим хвостовиком под конусы Морзе. Конструкция и размеры
ГОСТ 10080	Развертки конические с коническим хвостовиком под метрические конусы. Конусность 1:20. Конструкция и размеры
ГОСТ 11182	Развертки конические с цилиндрическим хвостовиком под конусы Морзе. Конструкция и размеры

ГОСТ 11183	Развертки конические с цилиндрическим хвостовиком под метрические конусы. Конусность 1:20. Конструкция и размеры
ГОСТ 11179	Развертки конические. Конусность 1:10. Конструкция и размеры
ГОСТ 11180	Развертки конические. Конусность 1:7. Конструкция и размеры
ГОСТ 10083	Развертки конические. Технические условия
ГОСТ 18121	Развертки котельные машинные. Размеры
ГОСТ 6226	Развертки машинные конические конусностью 1:16 с коническим хвостовиком. Основные размеры
ГОСТ 10082	Развертки машинные конические конусностью 1:30 с коническим хвостовиком. Основные размеры
ГОСТ 10081	Развертки машинные конические конусностью 1:50. Основные размеры
ГОСТ 20392	Развертки машинные насадные со вставными ножами из быстрорежущей стали для обработки деталей из легких сплавов. Конструкция и размеры
ГОСТ 21527	Развертки машинные насадные со вставными ножами, оснащенными твердосплавными пластинами, для обработки деталей из нержавеющей и жаропрочных сталей и сплавов. Конструкция и размеры
ГОСТ 203884	Развертки машинные насадные цельные прямозубые для обработки деталей из легких сплавов. Конструкция и размеры
ГОСТ 20389	Развертки машинные насадные цельные с винтовыми канавками для обработки деталей из легких сплавов. Конструкция и размеры
ГОСТ 11172	Развертки машинные с удлиненной рабочей частью. Конструкция и размеры
ГОСТ 883	Развертки машинные со вставными ножами из быстрорежущей стали. Типы и основные размеры
ГОСТ 16088	Развертки машинные цельные из твердого сплава. Технические условия
ГОСТ 16087	Развертки машинные цельные с коническим хвостовиком из твердого сплава. Типы и основные размеры

ГОСТ 20390	Развертки машинные цельные с торцовыми зубьями для обработки деталей из легких сплавов. Конструкция и размеры
ГОСТ 16086	Развертки машинные цельные с цилиндрическим хвостовиком из твердого сплава. Типы и основные размеры
ГОСТ 1672	Развертки машинные цельные. Типы, параметры и размеры
ГОСТ 19272	Развертки машинные цилиндрические для обработки деталей из легких сплавов. Допуски на диаметр
ГОСТ 19268	Развертки машинные цилиндрические с коническим хвостовиком для обработки деталей из легких сплавов. Конструкция и размеры
ГОСТ 19267	Развертки машинные цилиндрические с цилиндрическим хвостовиком для обработки деталей из легких сплавов. Конструкция и размеры
ГОСТ 19269	Развертки машинные цилиндрические твердосплавные с цилиндрическим хвостовиком для обработки деталей из легких сплавов. Конструкция и размеры
ГОСТ 5735	Развертки машинные, оснащенные пластинами твердого сплава. Технические условия
ГОСТ 28321	Развертки машинные, оснащенные твердосплавными напаиваемыми пластинами. Типы, параметры и размеры
ГОСТ 11184	Развертки ручные конические конусностью 1:30 с цилиндрическим хвостовиком. Основные размеры
ГОСТ 11177	Развертки ручные конические конусностью 1:50 с цилиндрическим хвостовиком. Основные размеры
ГОСТ 3509	Развертки ручные разжимные. Конструкция и размеры
ГОСТ 7722	Развертки ручные цилиндрические. Конструкция и размеры
ГОСТ 11173	Развертки с припуском под доводку. Допуски
ГОСТ 11176	Развертки сборные насадные с привернутыми ножами, оснащенными пластинами из твердого сплава. Конструкция и размеры

ГОСТ 13779	Развертки цилиндрические. Допуски на диаметр
ГОСТ 1523	Развертки цилиндрические. Технические условия

Список літератури

1. Солодкий В.І. Різальний інструмент. Лабораторний практикум. // В.І. Солодкий, О.А. Плівак // Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – С. 87–111.
2. Солодкий В. І. Основи формування поверхонь різанням / В.І. Солодкий, Д. О. Красновид, О. А. Плівак. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – С. 199–232.
3. В.А. Аршинов, Г.А. Алексеев. Резание металлов и режущий инструмент. - М. : Машиностроение, 1967. 500 с.
4. Родин П.Р. Металлорежущие инструменты. // П.Р. Родин. – Киев "Вища школа", 1974, 400 с.
5. ГОСТ 2034 Сверла спиральные. Технические условия
6. ГОСТ 12121 Сверла спиральные длинные с коническим хвостовиком. Основные размеры
7. ГОСТ 10903 Сверла спиральные с коническим хвостовиком. Основные размеры.
8. ГОСТ 885 Сверла спиральные. Диаметры.
9. ГОСТ 21584 Зенкеры насадные для обработки деталей из легких сплавов. Конструкция и размеры
10. ГОСТ 1677-75. Зенкеры цельные и со вставными ножами из быстрорежущей стали. Технические условия.
11. ГОСТ 12509-75. Зенкеры, оснащенные твердосплавными пластинами. Технические условия.
12. ГОСТ 14953-80. Зенковки конические. Технические условия.
13. ГОСТ 2255 Зенкеры насадные со вставными ножами из быстрорежущей стали. Конструкция и размеры.
14. ГОСТ 1677 Зенкеры цельные и со вставными ножами из быстрорежущей стали. Технические условия.
15. ГОСТ 12489 Зенкеры цельные. Конструкция и размеры.
16. ГОСТ 1523 Развертки цилиндрические. Технические условия.
17. ГОСТ 13779 Развертки цилиндрические. Допуски на диаметр.
18. ГОСТ 7722 Развертки ручные цилиндрические. Конструкция и размеры.
19. ГОСТ 3509 Развертки ручные разжимные. Конструкция и размеры.

20. ГОСТ 1672 Развертки машинные цельные. Типы, параметры и размеры.
21. ГОСТ 10079 Развертки конические с коническим хвостовиком под конусы Морзе. Конструкция и размеры.

8 ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ТЕОРІЇ ПРОЕКТУВАННЯ

У даний час існує велика кількість методів проектування різальних інструментів, що дозволяють вирішувати як пряму, так і зворотну завдання формоутворення. Проте ці методи розглядають в основному питання геометричного проектування всіх груп і типів інструментів, в яких зображений тільки один аспект якості оброблюваних поверхонь – точність форми номінальної поверхні.

У процесі формування поверхонь на заготовці різальний інструмент виконує одночасно дві функції:

- формоутворення, додає поверхні необхідну форму і розміри;
- різання, пошарово зрізує припуск.

Перша функція розглядає питання, пов'язані з контактом інструмента і формованої поверхні, друга – питання контакту інструмента і припуску.

При цьому спроектований інструмент повинен забезпечувати працездатність, яка в загальному випадку залежить від температури в зоні різання і напружено-деформованого стану інструменту в процесі різання.

Форма номінальної поверхні визначається сукупністю головного руху різання і рухів подачі, а також типом і розташуванням елементів, що проводять, на корпусі інструменту.

Розвиток прикладної математики і обчислювальної техніки, розробка нових конструкційних і інструментальних матеріалів, металообробного і контрольного устаткування, визначили потребу в розвитку теорії формоутворення на основі використання сучасного математичного апарату. Результатом чого стала розробка геометричної теорії формування поверхонь різальними інструментами, в якій обмеженою кількістю загальних для всіх різальних інструментів параметрів можна описати всі їх види, типи і конструкції, а також всі можливі способи формування ними поверхонь.

Кожен такий спосіб передбачає контакт інструмента з формованою на заготовці поверхнею, рівняння якого завжди містить відомі, залежні і незалежні один від одного параметри. Система управління

видами, типами і конструкціями різальних інструментів базується на можливості в кожному конкретному випадку формування поверхні по розсуду конструктора призначати: статус параметрів в рівнянні контакту інструменту з формованою поверхнею; виконання кожного незалежного параметра; чисельні значення незалежних параметрів рівняння контакту і таким чином генерувати конструкцію інструменту на основі розробленої в рамках теорії класифікації різальних інструментів і наближати її до оптимального варіанту, використовуючи аналітичний апарат як базу для автоматизованого проектування.

Аналіз методів формоутворення показує, що в даний час їх розвиток відбувається в бік ускладнення кінематики процесу формоутворення, обумовлене відповідними кінематичними можливостями новітнього сучасного устаткування.

Точність розмірів створюючої і направляючої номінальної поверхні в загальному випадку визначається настройкою технологічної системи, що включає етапи установки, статичної і динамічної настройки. При цьому для профільних різальних інструментів, що вимагають рішення прямої задачі формоутворення, точність спроектованого різального інструмента безпосередньо впливає на точність створюючої номінальної поверхні.

Необхідна точність розмірів цілісних різальних інструментів формується на фінішних операціях при їх виготовленні, і достатньо легко піддається контролю оскільки необхідний розмір можна зміряти безпосередньо від заданих баз інструменту.

При виготовленні збірного різального інструмента потрібне вирішення просторових розмірних ланцюгів для призначення допусків на елементи корпуси, використовувані для установки змінних багатограних пластин.

Однією з основних вимог для створення повнофункціональної системи автоматизованого проектування збірних різальних інструментів є представлення допусків як невід'ємній частині їх математичної моделі. Отримувана комп'ютерна модель інструменту, повинна враховувати реальну геометрію, яка дозволить здійснити інтеграцію автоматизованих засобів пов'язаних з проектуванням, виготовленням і контролем збірних різальних інструментів.

Традиційні методи розрахунку плоских розмірних ланцюгів передбачають розрахунки точності розмірів і відносних поворотів на основі підсумовування допусків, що обмежують відхилення розмірів і поворотів на ланках, що становлять. Проте допуск на розмір є

інтегральним параметром, що обмежує відхилення форми, повороту і відстані, кожне з яких фізично по-різному впливає на формування відхилень розміру замикаючої ланки. Відхилення розміру, що проявляється як паралельний зсув однієї базуючої поверхні щодо іншої, безпосередньо прямим чином впливає на зміну розміру замикаючої ланки. У свою чергу, погрішність відносного повороту надає вплив на відхилення розміру замикаючої ланки через відстань від початку координат базуючої поверхні деталі до даної поверхні замикаючої ланки. Відхилення геометричної форми базуючих поверхонь визначають формування погрішності установки приєднуваної деталі і впливають на точність замикаючої ланки.

Під просторовим розмірним ланцюгом розуміється сукупність радіус-векторів, створюючих замкнутий контур, де радіус вектори сполучають початки систем координат і геометричних елементів, переміщення і повороти яких безпосередньо беруть участь у вирішенні поставлених завдань.

При розрахунку просторових розмірних ланцюгів, так само як і лінійних, вирішується пряме і зворотне завдання.

При рішенні прямої задачі, виходячи зі встановлених вимог до точності початкової ланки, визначають номінальні значення кожного з параметрів, поля допусків, координат середин полів допусків і граничні відхилення по кожному з параметрів кожної ланки, що становить.

При рішенні зворотної задачі, виходячи зі встановлених номінальних значень, полів допусків і координат середин допусків, по кожному параметру кожної ланки, що становить, визначається номінальне значення, поле допуску, координати середини поля допуску і граничні відхилення по кожному параметру замикаючої ланки.

Принципова відмінність розрахунку просторового розмірного ланцюга від лінійної і кутової полягає у тому, що номінали і допуски на лінійні параметри і кутові розглядаються як взаємозв'язані величини.

Проте в роботах по проектуванню різального інструмента питання розмірної точності не розглядаються. У геометричній теорії формування поверхонь різальними інструментами замість розмірного аналізу робиться ряд допущень.

Оскільки при формуванні поверхонь різальними інструментами неминучі погрішності технологічної системи, номінальні значення параметрів створюючою і такою, що направляє цій поверхні забезпечуються допусками, що робить їх неоднозначними. Щоб внести

до них однозначність, необхідну для подальшого розрахунку, автори вводять так звану розрахункову поверхню, яку зазвичай розташовують в полі допуску на поверхню, і формованою поверхнею вважають розрахункову поверхню.

Характеристикою процесу різання є схема того, що зрізує припуск, яка повністю визначається системами різальних кромок інструмента і його рухів і характеризується формою і розмірами шарів, що зрізуються.

При використанні генераторної схеми різання, різальні елементи розташовують дискретно. Внаслідок цього після того, як було зрізано припуск на поверхні деталі залишаються нерівності у вигляді гребінців, кожен з яких характеризується заввишки, зміряною у напрямі нормалі до поверхні і кроками уздовж її створюючої і такої, що направляє. Також до параметрів поверхневого шару після обробки відносяться ступінь зміцнення, глибина зміцненого шару і епюра внутрішньої залишкової напруги, яка визначається напружено-деформованим і тепловим поляганням в зоні різання.

Контакт формованої поверхні з різальними кромками працюючого інструмента відбувається дискретно, тому припуск зрізується різальними кромками не повністю. На формованій поверхні залишаються нерівності у вигляді гребінців.

При проектуванні різальних інструментів зазвичай розраховують теоретичні параметри відхилень отримуваної поверхні від розрахункової, вважаючи матеріал деталі таким, що абсолютно не деформується, технологічну систему абсолютно жорсткою, а поверхні леза абсолютно гладкими. Тому рекомендації за призначенням кутів різання, радіусу округлення різальних кромок і тому подібне носять характер загальних характер, отриманий в результаті експериментальних досліджень і виробничого досвіду.

В той же час в процесі різання формується поверхневий шар деталі, що має макро- і мікро-відхилення від ідеальної геометричної форми (шорсткості, хвилястості, макро-відхилення) і змінені фізико-хімічні властивості в порівнянні з властивостями основного матеріалу (ступінь зміцнення, глибина зміцненого шару, епюра внутрішньої залишкової напруги).

Отриманий поверхневий шар є одним з основних чинників, що забезпечують працездатність деталі. Розроблена нова теорія різання, дозволяє визначити параметри шарів, що зрізуються, залежно від геометричних параметрів різального інструмента і фізико-технічних властивостей оброблюваної заготовки і може бути базою для розра-

хунку оцінних параметрів спроектованих різальних інструментів.

Працездатність різального інструмента – це такий його стан, при якому він виконує процес різання із заданими технічними вимогами або умовами. Працездатність інструмента визначається складними, стохастично протікаючими процесами контактної взаємодії інструментального і оброблюваного матеріалів. Ця взаємодія характеризується великою контактною напругою і температурами, що приводять до макро- і мікро-руйнуванню контактних майданчиків інструмента. Чинники, що впливають на процеси контактної взаємодії, мають вплив на працездатність інструмента. До них відносяться умови контакту, режими обробки, конструкторські та-геометричні параметри інструмента, властивості оброблюваного і інструментального матеріалів.

Дослідження напружено-деформованого стану інструменту, по суті, є одним з методів оцінки якості спроектованого інструмента шляхом моделювання його роботи. Результатом такої оцінки повинна стати оптимізація геометричних, конструктивних і технологічних параметрів процесу формоутворення на етапі проектування різального інструмента.

У даний час розроблена достатньо велика кількість методів, які дозволяють проводити таку оцінку збірних різальних інструментів, проте сучасні теорії автоматизованого проектування збірних різальних інструментів не приділяють достатньої уваги даному аспекту.

ДОДАТКИ

А Стандарти допоміжного інструмента

Додаток 1.1 (Конуси інструментальні).

ГОСТ 25557	Конусы инструментальные. Основные размеры
ГОСТ 9953	Конусы инструментов укороченные. Основные размеры
ГОСТ 2848	Конусы инструментов. Допуски. Методы и средства контроля
ГОСТ 4044	Хвостовики круглые для протяжек. Типы и основные размеры
ГОСТ 4043	Хвостовики плоские для протяжек. Типы и основные размеры

Додаток 1.2 (Хвостовики інструментальні).

ГОСТ 51688	Хвостовики инструментов полые конические (HSK). Типы В и D. Основные размеры
ГОСТ 51547	Хвостовики инструментов полые конические типа HSK. Основные размеры
ГОСТ 9523	Хвостовики инструментов. Диаметры, квадраты и отверстия под квадраты. Размеры
ГОСТ 4044	Хвостовики круглые для протяжек. Типы и основные размеры
ГОСТ 4043	Хвостовики плоские для протяжек. Типы и основные размеры
ГОСТ 29084	Хвостовики токарных и строгальных резцов. Типы и размеры сечений
ГОСТ 25334	Хвостовики цилиндрические для фрез. Основные размеры
ГОСТ 28706	Хвостовики цилиндрические с лыской для сверл. Размеры

Електронне мережне навчальне видання

Солодкий Валерій Іванович
Плівак Олександр Анатолійович

ОСНОВИ ПРОЕКТУВАННЯ
РІЗАЛЬНОГО ІНСТРУМЕНТА
Частина II

Національний технічний університет України
“Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського”
Київ – 2021 р.